



---

MINISTERE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT

# Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

## PHASE 2 : CARACTERISATION DES ALEAS

RAPPORT

**VERSION FINALE**

**VILLE & TRANSPORT**  
**DIRECTION REGIONALE OUEST**  
Espace bureaux Sillon de Bretagne  
8 avenue des Thébaudières  
CS 20232  
44815 SAINT HERBLAIN CEDEX

Tel. : 02 28 09 18 00  
Fax : 02 40 94 80 99



Ville & Transport  
Direction Régionale Ouest  
Espace bureaux Sillon de Bretagne  
8 avenue des Thébaudières – CS 20232  
44815 SAINT HERBLAIN CEDEX

Tél. : 02 28 09 18 00  
Fax : 02 40 94 80 99

ARTELIA Ville & Transport Direction Régionale Ouest Espace bureaux Sillon de Bretagne 8 avenue des Thébaudières – CS 20232 44815 SAINT HERBLAIN CEDEX Tél. : 02 28 09 18 00 Fax : 02 40 94 80 99	N° Affaire	4-53-1662	Etabli par	Vérifié par
	Date	JANVIER 2016	S. BAULIN	Y. GASOWSKI
	Indice	A	B	

# Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale

## SOMMAIRE

<b>1. INTRODUCTION</b>	<b>3</b>
<b>2. ETUDE HYDROLOGIQUE PRELIMINAIRE</b>	<b>4</b>
2.1.1. BASSIN VERSANT DE L'ARGUENON	4
<b>2.2. DONNEES HYDROMETRIQUES DISPONIBLES</b>	<b>4</b>
<b>2.3. DEBITS CARACTERISTIQUES</b>	<b>5</b>
2.3.1. AJUSTEMENT DE GUMBEL	5
2.3.2. METHODE DU GRADEX	6
2.3.3. DEBIT CENTENNAL RETENU A L'APLOMB DU BARRAGE DE LA VILLE HATTE	7
2.3.4. DEBITS CENTENNAUX DES SOUS BASSINS VERSANTS	8
<b>2.4. HYDROGRAMME DE CRUE</b>	<b>10</b>
2.4.1. METHODE DES HYDROGRAMMES NORMES	10
2.4.2. HYDROGRAMMES DES DEBITS CENTENNAUX	11
<b>3. RISQUE DE SUBMERSION MARINE</b>	<b>15</b>
<b>3.1. GENERALITES SUR LE PHENOMENE DE SUBMERSION MARINE</b>	<b>15</b>
3.1.1. LE NIVEAU MOYEN DES OCEANS	15
3.1.2. MAREE IMPORTANTE	15
3.1.3. SURCOTE GENEREE PAR UNE TEMPETE	16
<b>3.2. OCCURRENCE DES NIVEAUX STATISTIQUES EXTREMES DE PLEINE MER</b>	<b>17</b>
<b>3.3. HOULE ET DEFERLEMENT</b>	<b>18</b>
<b>4. MODELISATION HYDRAULIQUE</b>	<b>20</b>
<b>4.1. SUITE DES LOGICIELS MIKE</b>	<b>20</b>
<b>4.2. CONSTRUCTION DU MODELE HYDRAULIQUE</b>	<b>20</b>
4.2.1. MODULE UNIDIMENSIONNEL (1D)	20
4.2.2. MODULE BIDIMENSIONNEL (2D)	22
4.2.3. LIENS 1D/2D	24
<b>4.3. CALAGE DU MODELE HYDRAULIQUE</b>	<b>25</b>
4.3.1. CONDITIONS DE CALAGE	25
4.3.2. TESTS DE SENSIBILITE ET RESULTATS DE CALAGE	25
4.3.3. CARTOGRAPHIE DES RESULTATS DE CALAGE	27
<b>5. EVENEMENTS DE REFERENCE</b>	<b>29</b>
<b>5.1. DEFINITION DES EVENEMENTS DE REFERENCE</b>	<b>29</b>
<b>5.2. PRISE EN COMPTE DES DIFFERENTS OUVRAGES</b>	<b>29</b>
<b>5.3. NIVEAU MARITIME CENTENNAL – SCENARIO M100</b>	<b>30</b>
5.3.1. CONDITION AMONT	30
5.3.2. CONDITION AVAL	30
<b>5.4. CRUE CENTENNALE – SCENARIOS Q100</b>	<b>32</b>
5.4.1. CONDITION AMONT	32
5.4.2. CONDITION AVAL	32
5.4.3. TESTS DE SENSIBILITE	32
<b>5.5. ENVELOPPES D'INONDATION</b>	<b>34</b>
<b>5.6. RUPTURE DES DIGUES DE PROTECTION – SCENARIOS R</b>	<b>36</b>

# Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale

5.6.1.	HYPOTHESES DE MODELISATION	39
5.6.2.	CONDITIONS INITIALES ET GEOMETRIES DES RUPTURES	39
<b>6.</b>	<b>ALEAS DE REFERENCE</b>	<b>41</b>
6.1.	CARACTERISATION DES ALEAS	41
6.1.1.	CALCUL DE LA VARIABLE ALEA	41
6.1.2.	COMPILATION	41
6.2.	CARTOGRAPHIE DES ALEAS	42
6.2.1.	ARGUENON	42
6.2.2.	AFFLUENTS : MONTAFILAN ET GUEBRIAND	43
6.2.3.	SYNTHESE	43

## TABLEAUX

Tabl. 1 -	Stations hydrométriques	4
Tabl. 2 -	Débits caractéristiques aux stations et à la Ville Hatte	5
Tabl. 3 -	Débits centennaux calculés (EDF 1970, BCEOM 2003 et ARTELIA 2015)	7
Tabl. 4 -	Débits caractéristiques aux stations et à la Ville Hatte	12
Tabl. 5 -	Augmentation du niveau moyen des océans : hypothèses (source : Synthèse n°2 – février 2010 – Direction générale de l'énergie et du climat / Service du climat et de l'efficacité énergétique / Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique)	15
Tabl. 6 -	Références altimétriques maritimes des marées (SHOM – 2013)	15
Tabl. 7 -	Niveaux extrêmes de pleine mer sur les sites étudiés (SHOM – 2013)	17
Tabl. 8 -	Caractérisation des aléas	41

## FIGURES

Fig. 1.	Débits à l'aplomb du barrage selon ajustement de Gumbel	6
Fig. 2.	Débits à l'aplomb du barrage selon la méthode du Gradex et la loi de Gumbel	7
Fig. 3.	Débits centennaux des sous bassins versants de l'Arguenon	9
Fig. 4.	Hydrogrammes normés à l'aplomb du barrage de la Ville Hatte	10
Fig. 5.	Hydrogramme synthétique normé à l'aplomb du barrage de la Ville Hatte	11
Fig. 6.	Illustration du Lag Time	12
Fig. 7.	Pondération de l'hydrogramme selon les surfaces puis le Lag Time	13
Fig. 8.	Hydrogrammes des débits centennaux retenus	14
Fig. 9.	Illustration des principaux mécanismes à l'origine de l'élévation du niveau marin dans le cas d'une tempête	16
Fig. 10.	Niveaux extrêmes de pleine mer de période de retour 10ans (SHOM – 2013)	17
Fig. 11.	Niveaux extrêmes de pleine mer de période de retour 20ans (SHOM – 2013)	17
Fig. 12.	Niveaux extrêmes de pleine mer de période de retour 50ans (SHOM – 2013)	18
Fig. 13.	Niveaux extrêmes de pleine mer de période de retour 100ans (SHOM – 2013)	18
Fig. 14.	Structure du modèle MIKE	23
Fig. 15.	Capture d'écran : vidéo de la crue de février 2014 en amont du barrage anti-marée	26
Fig. 16.	Conditions aux limites du modèle de calage (crue de février 2014)	27
Fig. 17.	Cartographie des résultats de calage du modèle hydrauliques (crue de février 2014)	28
Fig. 18.	Scénario M100 - Conditions aux limites du modèle	31
Fig. 19.	Scénario Q100 - Conditions aux limites du modèle	33
Fig. 20.	Enveloppes des inondations de l'Arguenon	35
Fig. 21.	Illustrations des scénarios de rupture – ZA de Saint Lormel	37
Fig. 22.	Illustrations des scénarios de rupture – Aval du Vieux Bourg	38
Fig. 24.	Localisation des scénarios de rupture et PK	40

# Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale

---

## 1. INTRODUCTION

La commune de Plancoët est couverte par un PPRI basé sur une crue centennale et approuvé le 23 novembre 2005.

Suite aux nouvelles crues de 2010 et 2014 et en vue de l'élargissement de son périmètre à la commune de St-Lormel la préfecture des Côtes d'Armor a prescrit la révision du PPRI le 1er juillet 2014.

Ce PPRI-sm porte sur les phénomènes naturels d'inondation :

- par débordement de cours d'eau,
- par submersion marine,
- par éventuelle concomitance (crue, forte marées, fort ruissellement ....)

Les analyses sur l'état des lieux ont été réalisées en Phase 1. Cette phase présente l'aléa inondation sur le territoire.

Le secteur de Plancoët/St-Lormel est touché par des inondations d'origine maritime et/ou fluviale, ainsi ce rapport de Phase 2 est décomposé dans les parties suivantes:

- Analyse hydrologique des apports en amont
- Analyse des niveaux d'eau au niveau de l'estuaire
- Présentation du modèle numérique utilisé
- Présentation des événements de référence
- Caractérisation de l'aléa
- Présentation de la cartographie des aléas

# Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale

## 2. ETUDE HYDROLOGIQUE PRELIMINAIRE

### 2.1.1. BASSIN VERSANT DE L'ARGUENON

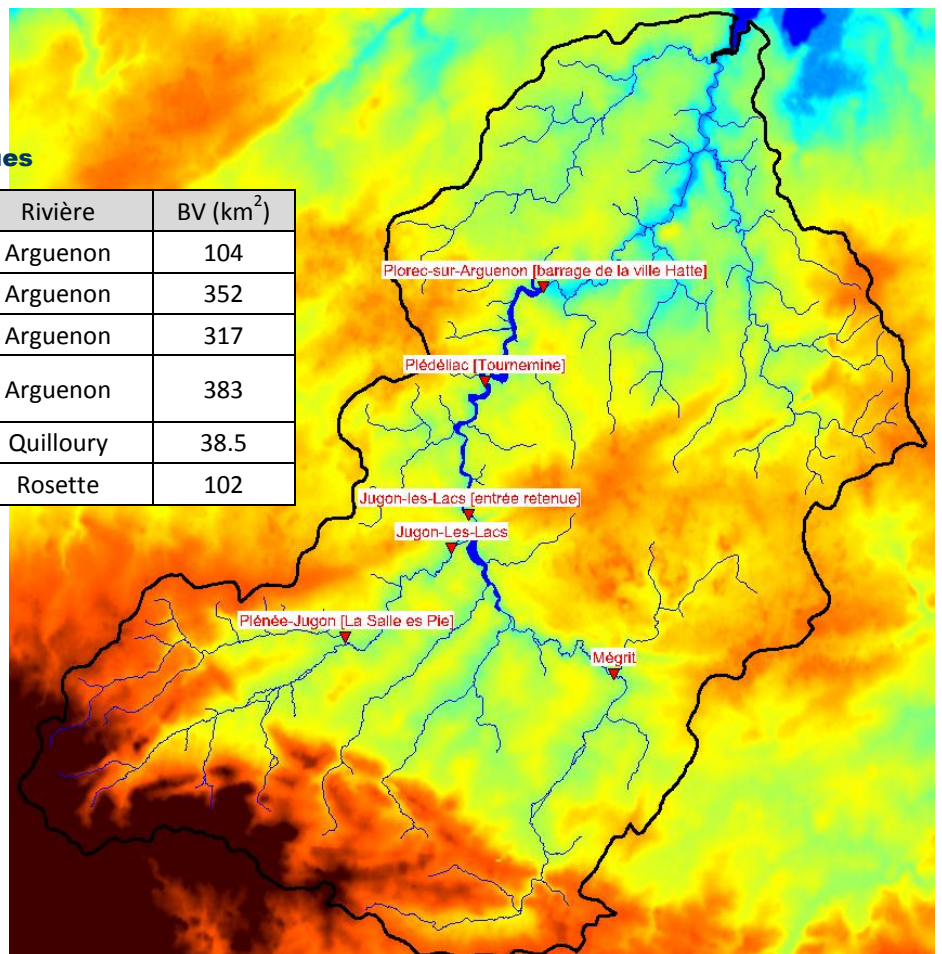
La présentation du bassin versant de l'Arguenon est détaillée au sein du paragraphe 1.3 du rapport de phase 1.

### 2.2. DONNEES HYDROMETRIQUES DISPONIBLES

Le bassin versant de l'Arguenon est doté de 6 stations hydrométriques :

**Tabl. 1 - Stations hydrométriques**

Nom	Rivière	BV (km <sup>2</sup> )
Jugon-Les-Lacs	Arguenon	104
Plédéliac [Tournemine]	Arguenon	352
Jugon-les-Lacs [entrée retenue]	Arguenon	317
Plorec-sur-Arguenon [barrage de la ville Hatte]	Arguenon	383
Plénée-Jugon [La Salle es Pie]	Quilloury	38.5
Mégrit	Rosette	102



Seules les stations de l'Arguenon à Jugon-les Lacs (Bois Léard-J110310) et de la Rosette à Mégrit (J1114010) dispose de données de crue exploitables et/ou non influencées par la retenue de la Ville Hatte.

## Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale

### 2.3. DEBITS CARACTERISTIQUES

Les débits caractéristiques aux stations de Bois Léard et Mégrit sont fournis par la Banque Hydro.

Afin d'obtenir les débits en entrée de retenue, la chronique des débits a été reconstituée à l'aide des chroniques disponibles pour les stations de Bois Léard et Mégrit de 1975 à 2015, à l'aide de la formule suivante (SRAE Bretagne, 1979) :

$$Q_{\text{entrée de retenue}} = Q_{\text{Bois Léard}} + 2.73 Q_{\text{Mégrit}}$$

Deux méthodes statistiques ont ensuite été utilisées afin de déterminer les débits caractéristiques :

- Ajustement de Gumbel (Q2 à Q100) ;
- Méthode du Gradex (Q100).

#### 2.3.1. AJUSTEMENT DE GUMBEL

Les débits maximum de chaque année hydrologique (septembre à août) ont été extraits de la chronique reconstituée et ont fait l'objet d'un ajustement statistiques selon la loi de Gumbel afin de déterminer les débits de crue en entrée de retenue pour les périodes de retour 2 à 100 ans.

Par la suite les débits caractéristiques à l'aplomb du barrage ont été calculés selon un rapport direct des surfaces :

$$Q_{\text{aplomb du barrage}} = Q_{\text{entrée retenue}} \times (S_{\text{aplomb du barrage}} / S_{\text{entrée retenue}})$$

Avec :

- Q : débit
- S : superficie des bassins versants ( $S_{\text{entrée retenue}}=317\text{km}^2$ ,  $S_{\text{aplomb du barrage}}= 386\text{km}^2$ )

Soit ici :

$$Q_{\text{aplomb du barrage}} = Q_{\text{entrée de retenue}} \times 1.22$$

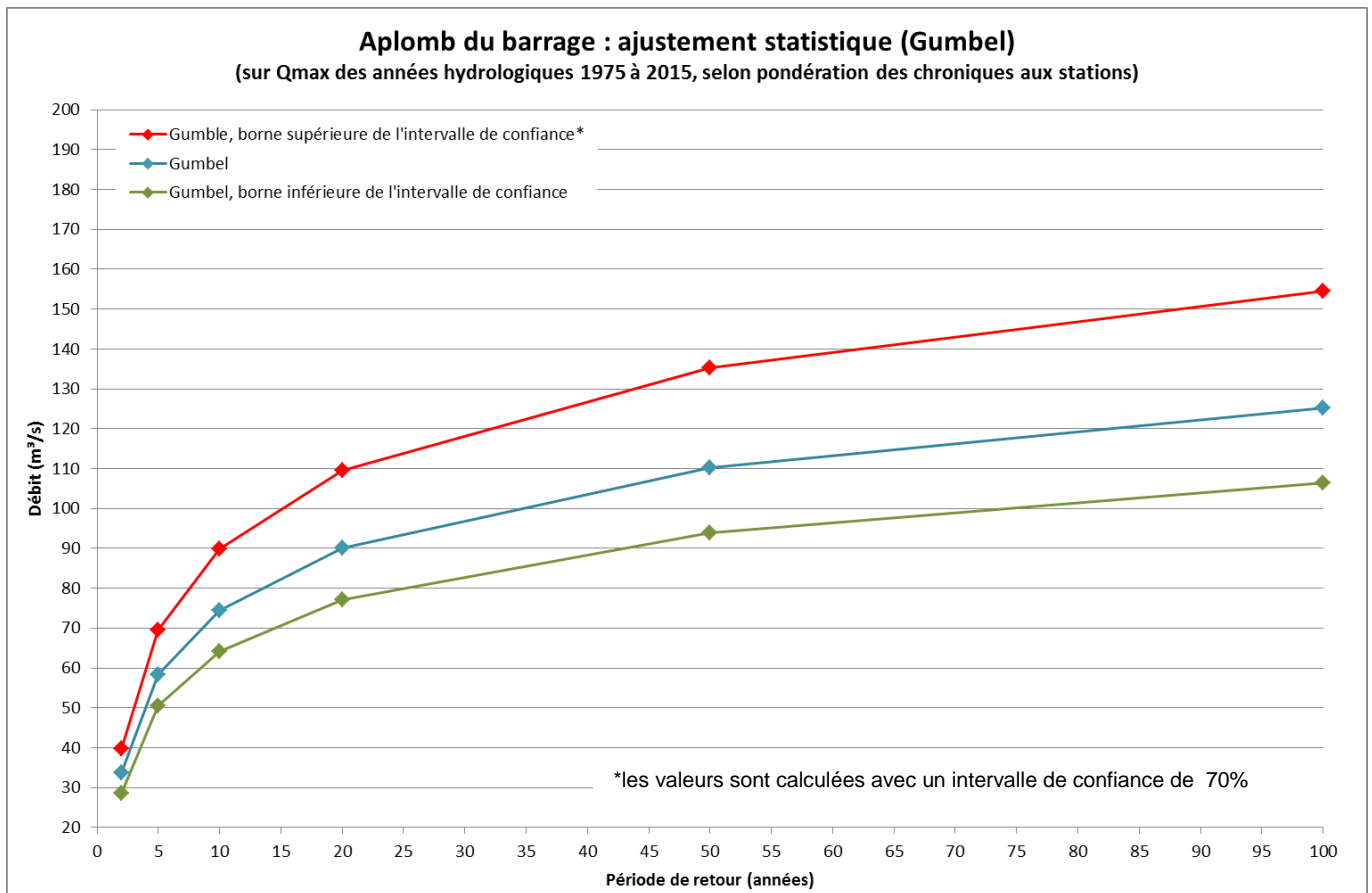
Le tableau suivant présente les débits caractéristiques aux stations ainsi que les débits caractéristiques reconstitués pour les périodes de retour 2 à 100 ans.

**Tabl. 2 - Débits caractéristiques aux stations et à la Ville Hatte**

PERIODE DE RETOUR	DÉBITS (M <sup>3</sup> /S) - BANQUE HYDRO		DÉBITS (M <sup>3</sup> /S) – GUMBEL	
	ARGUENON A BOIS LEARD (J1103010) S=104KM <sup>2</sup>	ROSETTE A MEGRIT (J1114010) S=102KM <sup>2</sup>	ENTREE DE RETENUE S=317KM <sup>2</sup>	APLOMB DU BARRAGE S=386KM <sup>2</sup>
Module	0.8	0.7	2.9	3.5
2 ans	11.0	6.8	27.7	34
5 ans	18.0	11.0	47.8	58
10 ans	23.0	13.0	61.1	74
20 ans	27.0	16.0	73.9	90
50 ans	33.0	19.0	90.5	110
100 ans	/	/	102.9	125

## Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale



**Fig. 1. Débits à l'aplomb du barrage selon ajustement de Gumbel**

### 2.3.2. METHODE DU GRADEX

La méthode du Gradex est recommandée par le Comité des Grands Barrages pour le calcul des débits de crues exceptionnelles.

Cette méthode fait l'hypothèse qu'à partir d'une période de retour donnée (point de pivot) la totalité de la pluie ruisselle : Gradex des débits = Gradex des pluies.

Le calcul du débit centennal selon la méthode du Gradex a été réalisé selon les hypothèses suivantes :

- Point de pivot : 20 ans ;
- Cumuls journaliers des précipitations à Pléven : P<sub>20</sub>=49mm, P<sub>100</sub>=61mm (Météo-France 1999) → Gradex des pluies=7.36mm

Les débits centennaux ainsi obtenus sont les suivants :

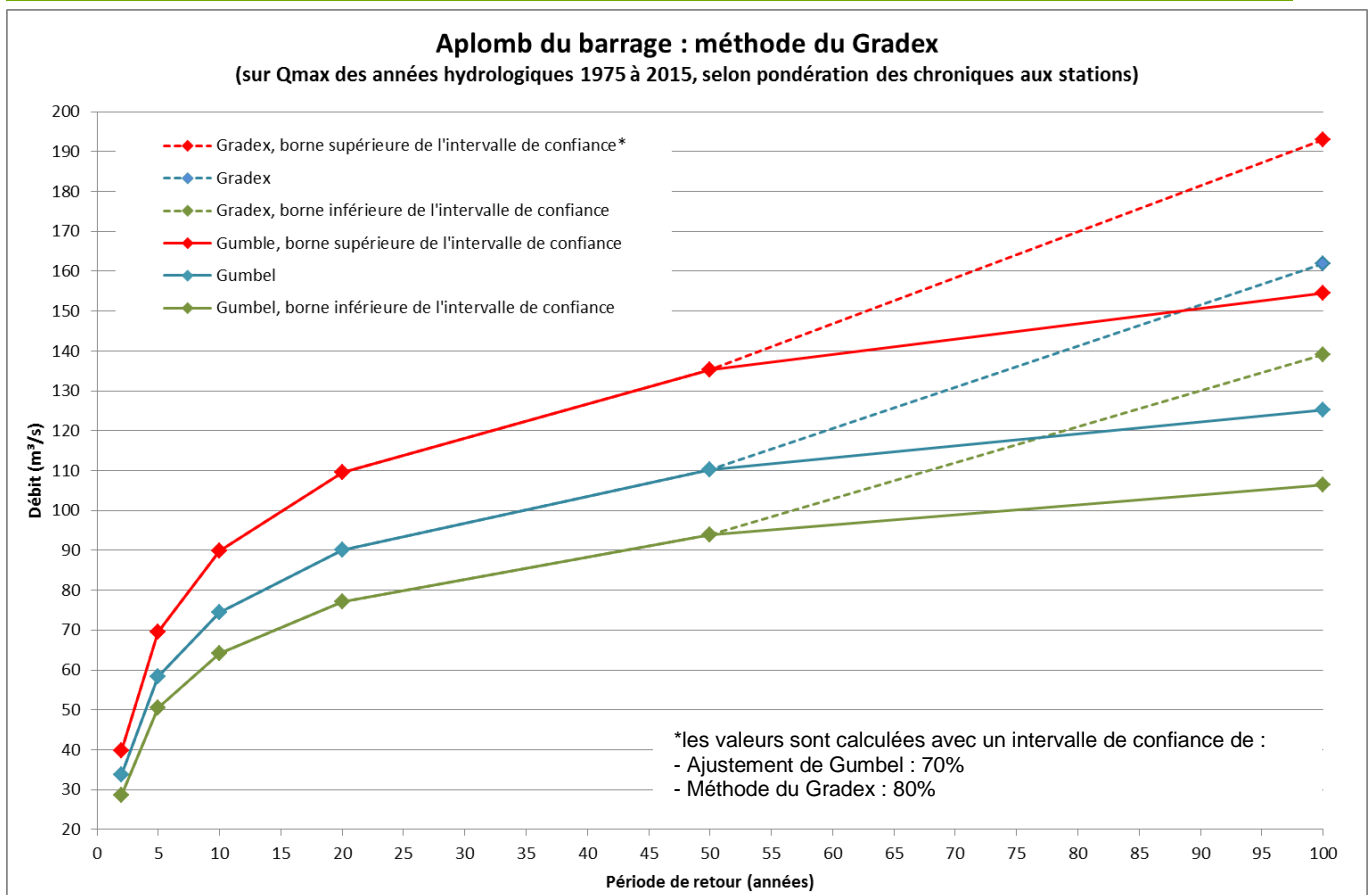
- Aplomb du barrage : 162 m<sup>3</sup>/s ;
- Entrée de retenue : 133m<sup>3</sup>/s (formule de Myer sur débit à l'aplomb du barrage).

La figure suivante présente les débits obtenus à l'aide de la méthode du Gradex comparés aux débits obtenus avec la loi de Gumbel



## Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale



**Fig. 2. Débits à l'aplomb du barrage selon la méthode du Gradex et la loi de Gumbel**

### 2.3.3. DEBIT CENTENNAL RETENU A L'APLOMB DU BARRAGE DE LA VILLE HATTE

Le débit centennal retenu à l'aplomb du barrage de la Ville Hatte correspond à la valeur médiane obtenue selon la méthode du Gradex soit **162 m<sup>3</sup>/s**.

Cette valeur est cohérente avec les valeurs calculées dans les études antérieures :

**Tabl. 3 - Débits centennaux calculés (EDF 1970, BCEOM 2003 et ARTELIA 2015)**

BASSIN VERSANT	DIMENSIONNEMENT DE L'EVACUATEUR DE CRUE (EDF 1970)	ÉTUDE HYDROLOGIQUE PRELIMINAIRE AU PPRI EN VIGUEUR (BCEOM 2003)	ARTELIA 2015
Aplomb du barrage de la Ville Hatte (BV=386km <sup>2</sup> )	160 m <sup>3</sup> /s*	161 m <sup>3</sup> /s**	<b>162 m<sup>3</sup>/s*</b>
Plancoët (BV=432 km <sup>2</sup> )	179 m <sup>3</sup> /s**	180 m <sup>3</sup> /s*	<b>181 m<sup>3</sup>/s**</b>

\*valeur calculée, \*\*valeur extrapolée à partir de la valeur calculée

## Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale

---

### 2.3.4. DEBITS CENTENNAUX DES SOUS BASSINS VERSANTS

La phase suivante de modélisation hydraulique nécessite le calcul des débits centennaux en différents points de l'Arguenon, depuis l'aplomb du barrage en amont jusqu'au ruisseau de Guébriand en aval.

Pour chaque sous bassin versant le débit centennal a été calculé selon un rapport direct des surfaces :

$$Q_{bv} = Q_{aplomb\ barrage} \times (SBV / S_{aplomb\ barrage})$$

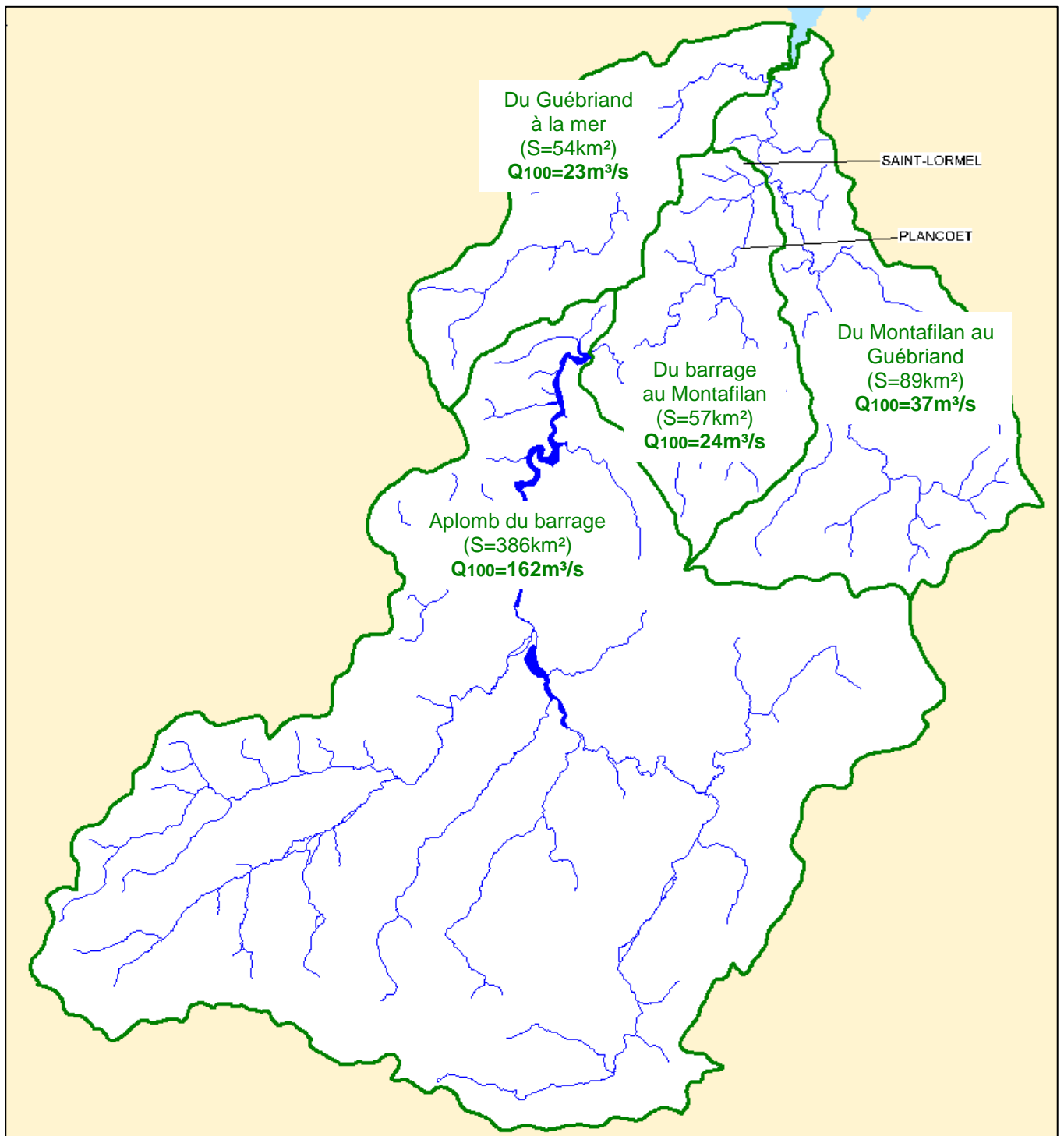
Avec :

- Q : débit
- S : superficie des bassins versants

La carte ci-après présente les sous bassins versants et les débits centennaux associés extrapolés à partir de la valeur calculée à l'aplomb du barrage de la Ville Hatte.

**Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel**

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale



**Fig. 3. Débits centennaux des sous bassins versants de l'Arguenon**

## Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale

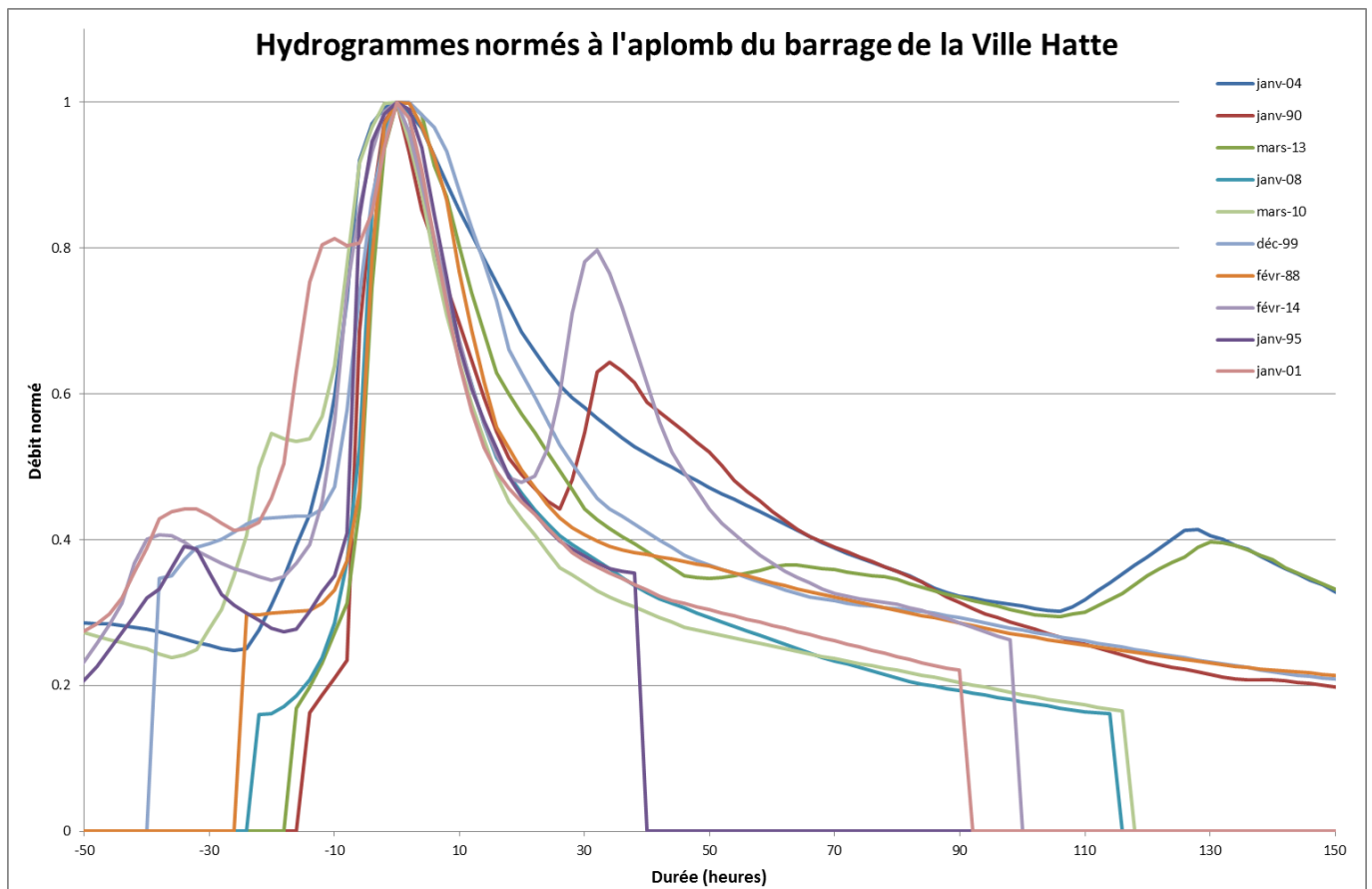
### 2.4. HYDROGRAMME DE CRUE

#### 2.4.1. METHODE DES HYDROGRAMMES NORMES

Cette méthode consiste à récupérer l'ensemble des évènements de crue significatifs issus de la chronique de débits reconstituée à l'aplomb du barrage de la Ville Hatte à partir des stations de Bois Léard et de la Rosette (voir précédemment). Les hydrogrammes de crues reconstitués sont ensuite rapportés à leur débit de pointe, normés puis moyennés afin d'en dégager un hydrogramme moyen synthétique.

L'hypothèse retenue pour la construction de cet hydrogramme est l'apparition d'un pic de crue de façon isolée sans lien avec d'autres pics.

Au total ce sont 10 évènements qui ont été reconstitués à partir d'un panel varié d'hydrogrammes : 02/1988, 01/1990, 01/1995, 12/1999, 01/2001, 01/2004, 01/2008, 03/2010, 03/2013 et 02/2014.

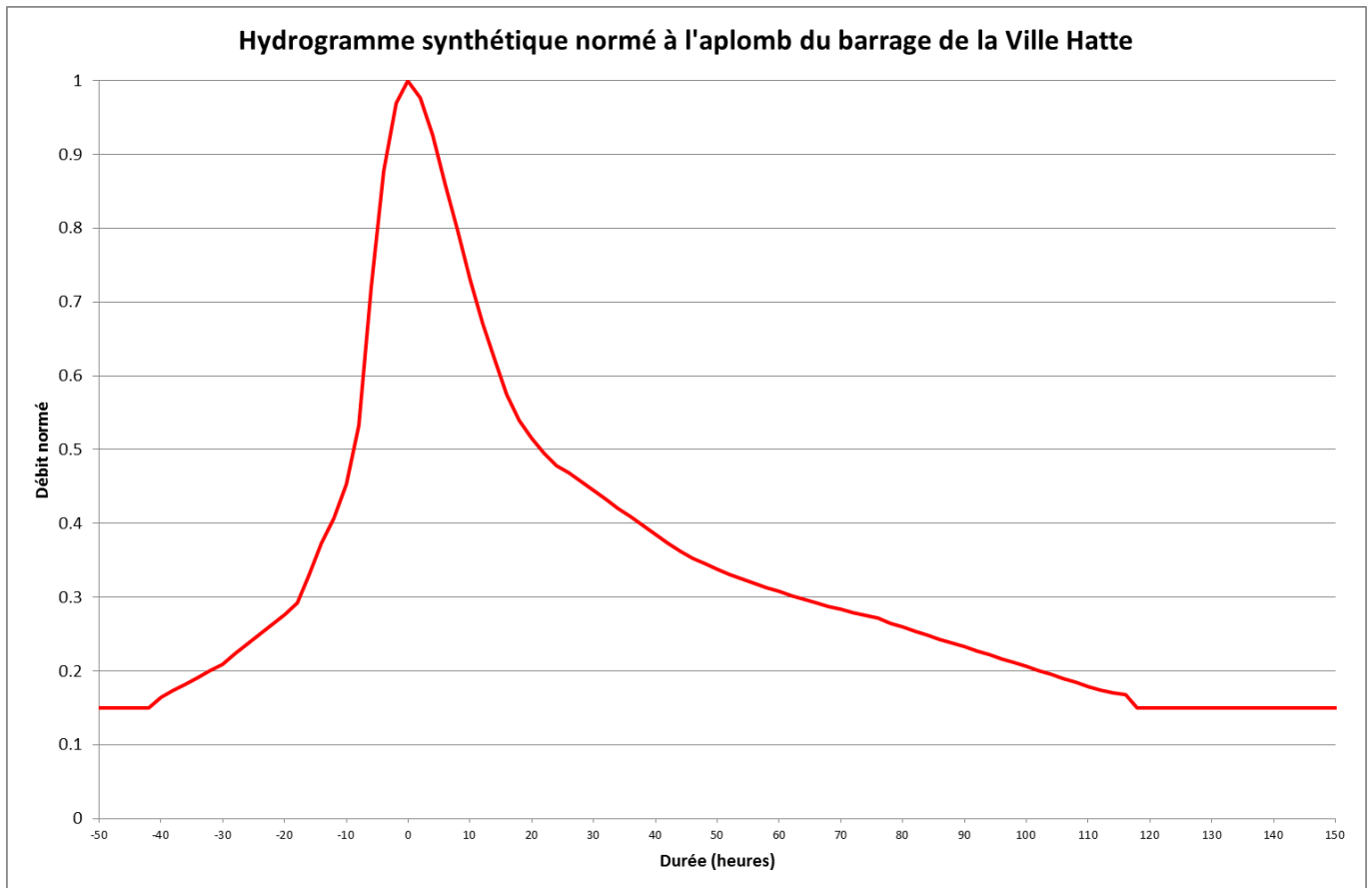


**Fig. 4. Hydrogrammes normés à l'aplomb du barrage de la Ville Hatte**

## Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale

L'hydrogramme synthétique normé moyen résultant de cette analyse est présenté ci-après.



**Fig. 5. Hydrogramme synthétique normé à l'aplomb du barrage de la Ville Hatte**

### 2.4.2. HYDROGRAMMES DES DEBITS CENTENNAUX

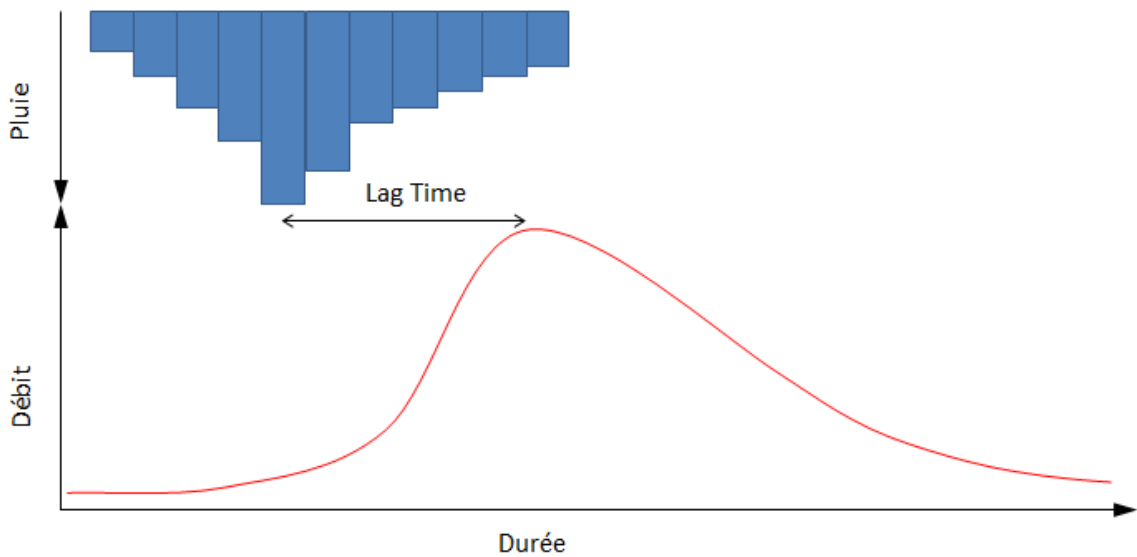
L'hydrogramme synthétique obtenu précédemment a été corrigé afin d'obtenir le débit de pointe calculé de 162m<sup>3</sup>/s à l'aplomb du barrage de la Ville Hatte.

Pour les sous bassins versants intermédiaires situés en aval (cf Fig. 3) les hydrogrammes des débits centennaux ont été obtenus de la même façon. Une pondération de la durée de crue selon les Lag Time\* calculés pour chacun des sous bassins est ensuite réalisée afin de rendre réalistes les hydrogrammes obtenus.

\* Lag Time : le temps écoulé entre la pointe du hydrogramme de la pluie et la pointe de l'hydrogramme de débit. Il est illustré par la figure suivante.

## Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale



**Fig. 6. Illustration du Lag Time**

Le Lag time de chaque sous bassin a été calculé à l'aide des méthodes de Passini puis Giandotti, toutes deux adaptées aux bassins versants ruraux.

Appliquée au bassin versant à l'aplomb du barrage de la Ville Hatte, la méthode de Passini donne des résultats très proches du Lag Time observée sur l'hydrogramme normé soit environ 42h de temps de montée. La méthode de Giandotti donne en revanche des valeurs 2.5 à 4 fois moindre selon le bassin versant, ce qui ne correspond pas du tout aux observations faites sur l'hydrogramme normé. Cette méthode a donc été écartée au profit de la méthode de Passini.

La formule de Passini est la suivante :

$$LagTime = 0.14 \times \frac{(S \times L)^{1/3}}{\sqrt{P}}$$

Où :

- S : surface du bassin versant ;
- L : longueur hydraulique du bassin versant ;
- P : pente moyenne du bassin versant.

Le tableau ci-après présente les données de chaque sous bassin ainsi que le Lag Time obtenu.

**Tabl. 4 - Débits caractéristiques aux stations et à la Ville Hatte**

SOUS BASSIN VERSANT	SURFACE (KM <sup>2</sup> )	LONGUEUR HYDRAULIQUE (KM)	PENTE MOYENNE (%)	LAG TIME (PASSINI)
Du barrage au Montafilan	57	15	0.7	20h
Du Montafilan au Guébriand	89	25	0.45	13h
Du Guébriand à la mer	54	21	0.51	16h

Les hydrogrammes synthétiques « bruts » sont ensuite obtenus selon un rapport direct de surfaces :

## Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale

$$Q_{bv} = Q_{aplomb\ barrage} \times (SBV / S_{aplomb\ barrage})$$

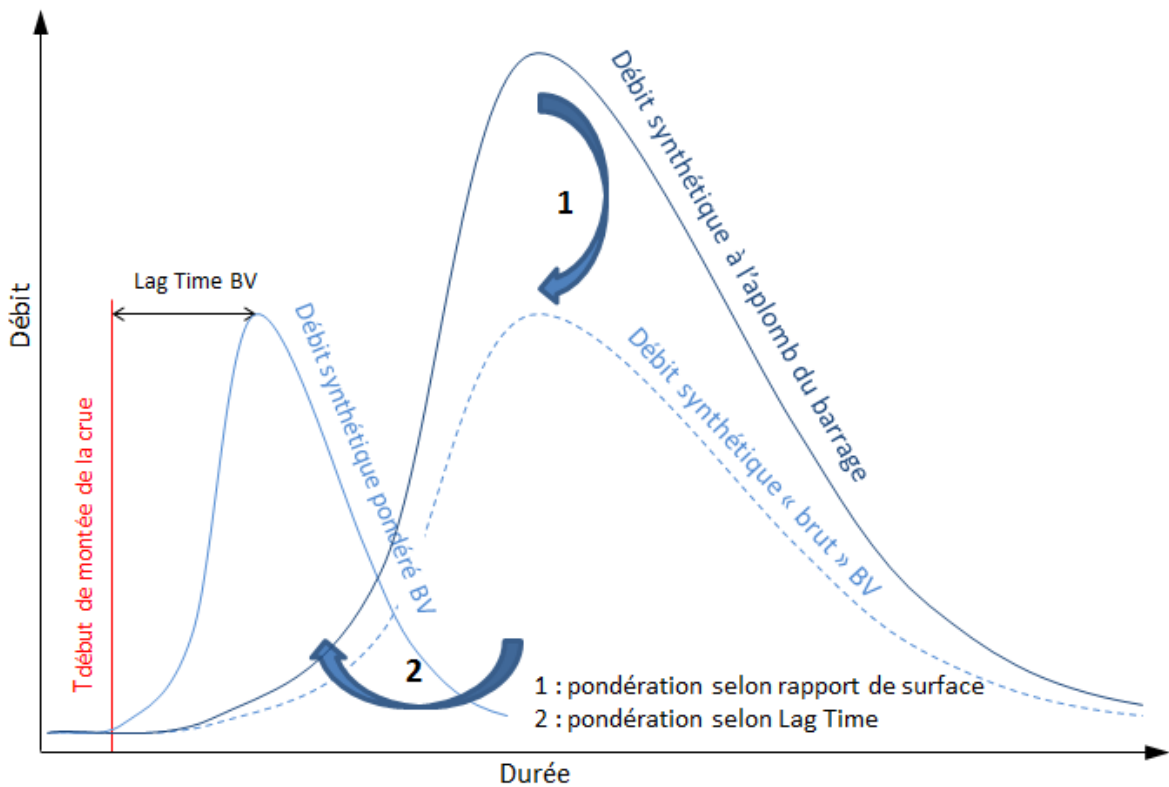
Avec :

- Q : débit
- S : superficie des bassins versants

Enfin ils sont pondérés selon le Lag Time de la façon suivante :

$$T_{débit\ de\ pointe} = T_{début\ de\ montée\ de\ la\ crue} + Lag\ Time$$

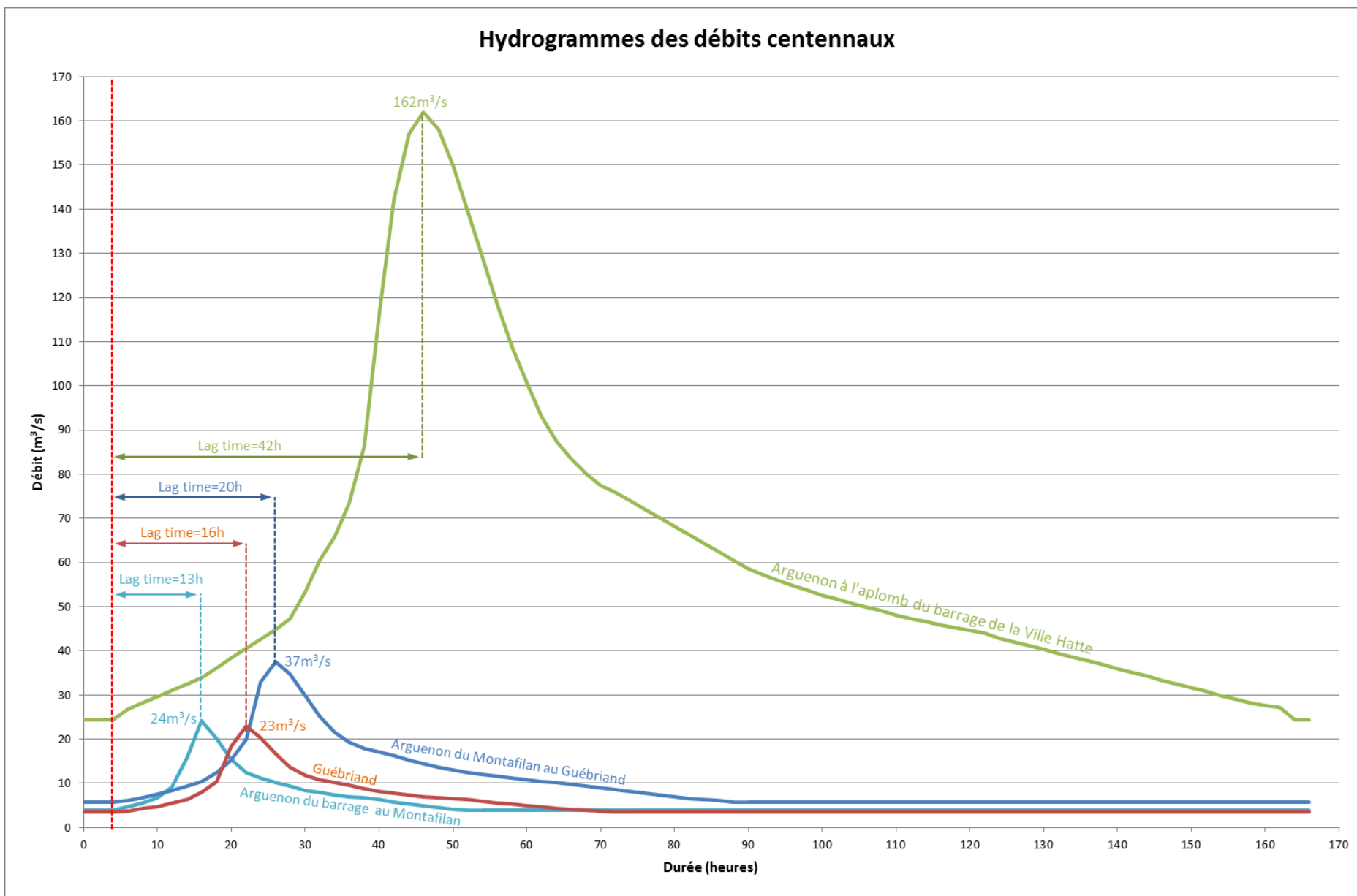
Le début de montée de la crue étant considéré le même pour tous les sous bassins versants



**Fig. 7. Pondération de l'hydrogramme selon les surfaces puis le Lag Time**

La figure suivante présente les différents hydrogrammes de débits centennaux obtenus selon cette méthode pour les différents sous bassins versant de l'Arguenon.

## Hydrogrammes des débits centennaux



**Fig. 8. Hydrogrammes des débits centennaux retenus**





## Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale

### 3. RISQUE DE SUBMERSION MARINE

#### 3.1. GENERALITES SUR LE PHENOMENE DE SUBMERSION MARINE

Les mécanismes à l'origine de la submersion marine sont aujourd'hui connus et sont la conjonction de différents phénomènes détaillés ci-après.

##### 3.1.1. LE NIVEAU MOYEN DES OCEANS

Le niveau moyen des océans est aujourd'hui une donnée non figée, par anticipation du réchauffement climatique.

Les valeurs ci-dessous indiquent suivant les scénarii plus ou moins optimistes, les hauteurs d'eau complémentaires envisagées. Elles sont issues des recommandations de la Direction Générale de l'Energie et du Climat (Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du développement durable et de la mer) :

**Tabl. 5 - Augmentation du niveau moyen des océans : hypothèses (source : Synthèse n°2 – février 2010 – Direction générale de l'énergie et du climat / Service du climat et de l'efficacité énergétique / Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique)**

Hypothèse	2030	2050	2100
Optimiste	10 cm	17 cm	40 cm
Pessimiste	14 cm	25 cm	60 cm
Extrême	22 cm	41 cm	100 cm

##### 3.1.2. MAREE IMPORTANTE

Les phénomènes de submersions marines sont, d'autre part, associés aux marées de vives eaux. Le tableau suivant indique les niveaux de marée à proximité de la zone d'étude :

**Tabl. 6 - Références altimétriques maritimes des marées (SHOM – 2013)**

Marées		Niveau (CM)	Niveau (IGN69)
PHMA	Plus Haute Mer Astronomique (coefficient 120)	+ 13.33	+ 7.07
PMVE	Pleine Mer de Vive-Eau moyenne (coefficient 95)	+ 12.00	+ 5.74
PM70	Pleine mer de coefficient 70 (valeur moyenne)	+10.53	+4.27
PMME	Pleine Mer de Morte-Eau moyenne (coefficient 45)	+ 9.10	+ 2.84
NM	Niveau Moyen	+ 6.65	+ 0.39
BMME	Basse Mer de Morte-Eau moyenne (coefficient 45)	+ 4.15	- 2.11
BM70	Basse mer de coefficient 70 (valeur moyenne)	+2.88	-3.38

## Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale

BMVE	Basse Mer de Vive-Eau moyenne (coefficient 95)	+ 1.45	- 4.81
PBMA	Plus Basse Mer Astronomique (coefficient 120)	+ 0.02	- 6.24

N.B. : La cote en m IGN69 est obtenue en retranchant - 6.26 m à la cote en m CM (source : SHOM 2013).

### 3.1.3. SURCOTE GENEREE PAR UNE TEMPETE

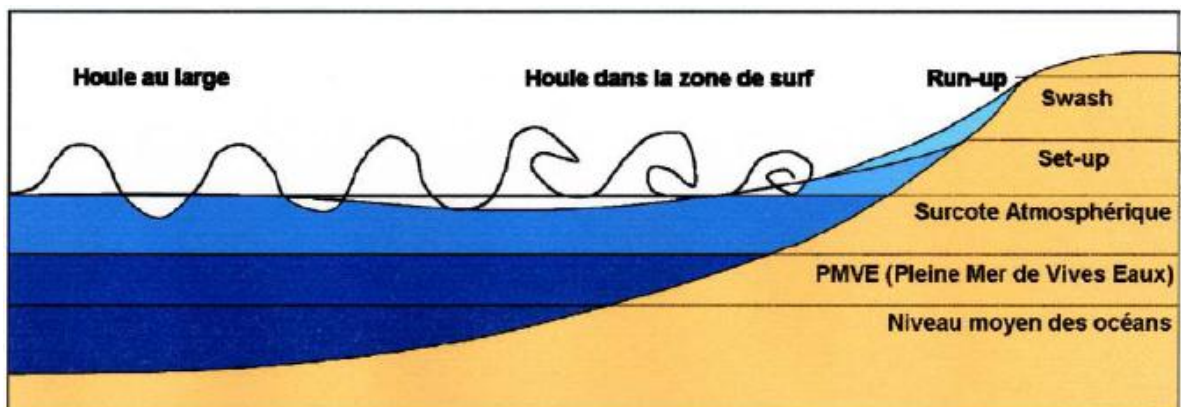
L'arrivée d'un important système dépressionnaire s'accompagne d'une élévation du niveau marin, selon trois processus principaux :

- la chute de pression atmosphérique entraîne une surélévation du niveau du plan d'eau ; une diminution d'un hectopascal équivaut approximativement à une élévation d'un centimètre de niveau marin,
- le vent exerce une contrainte à la surface de l'eau générant une modification du plan d'eau (surcote ou décote ou « wind set-up ») et des courants,
- à l'approche des côtes, les vagues créées par la tempête déferlent. Elles transfèrent alors leur énergie sur la colonne d'eau, ce qui provoque une surélévation moyenne du niveau de la mer (surcote liée aux vagues ou "wave setup"), pouvant s'élever à plusieurs dizaines de centimètres.

On appelle « **surcote atmosphérique** » l'élévation du niveau de la mer causée par les deux premiers mécanismes. Le niveau moyen de la mer lors d'une tempête résulte de l'ensemble de ces contributions avec celles de la marée. Pour obtenir le niveau maximal atteint par la mer, il faut aussi tenir compte du jet de rive (« swash »), c'est à dire le flux et le reflux des vagues. On appelle " Run-up" l'altitude maximale atteinte.

Toutefois les deux derniers phénomènes, même s'ils ne sont pas négligeables, sont des phénomènes très locaux pour lesquels les surcotes associées sont très variables selon la position le long du littoral considérée. En effet les différentes morphologies du littoral (presqu'île, anse, baie) vont être plus ou moins sensibles à l'impact du vent et par conséquent à la création de vagues.

Ces mécanismes sont illustrés sur le schéma suivant.



**Fig. 9. Illustration des principaux mécanismes à l'origine de l'élévation du niveau marin dans le cas d'une tempête**

## Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale

### 3.2. OCCURRENCE DES NIVEAUX STATISTIQUES EXTREMES DE PLEINE MER

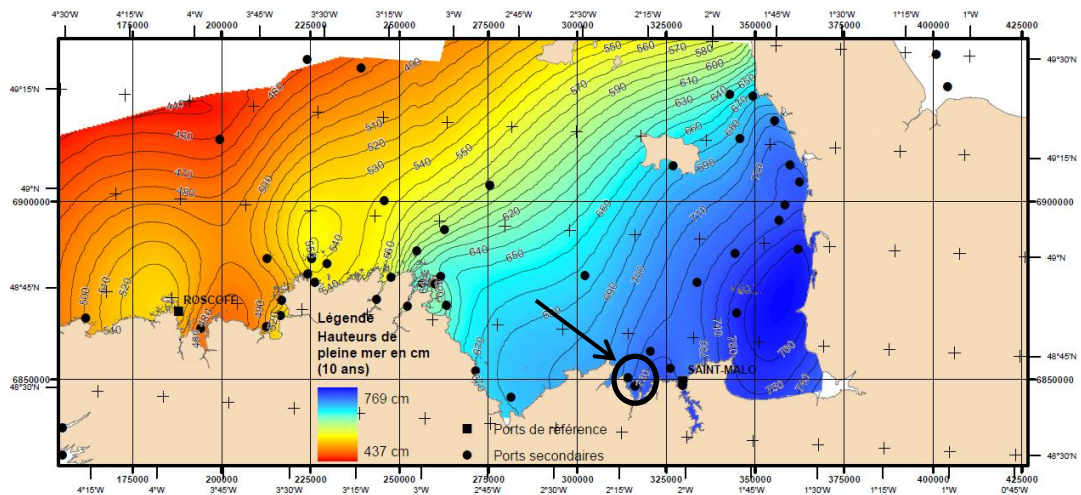
*Source : Statistiques des niveaux marins extrêmes des côtes de France (Manche et Atlantique) - SHOM 2013*

Le SHOM calcule, d'après les données des marégraphes, l'occurrence des niveaux extrêmes de pleine mer. Ces niveaux tiennent compte des phénomènes expliqués précédemment à savoir du niveau moyen de l'océan associé à la marée et d'éventuelles surcotes atmosphériques.

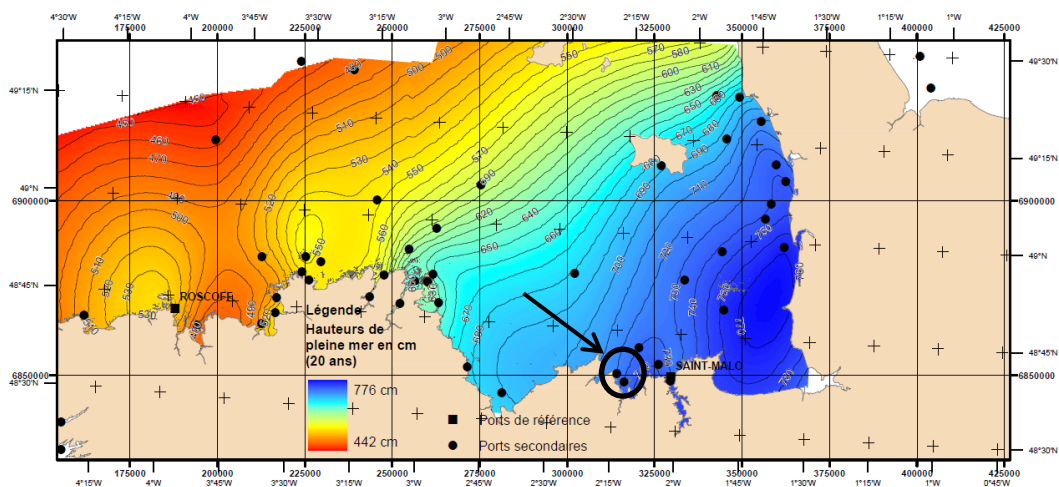
Le tableau suivant indique les niveaux extrêmes de pleine mer pour différentes occurrences :

**Tabl. 7 - Niveaux extrêmes de pleine mer sur les sites étudiés (SHOM – 2013)**

Secteur de l'île des Ebihens (estuaire)	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
Niveau en m IGN69	7.27	7.34	7.43	7.49
Niveau en m CM	13.53	13.60	13.69	13.75



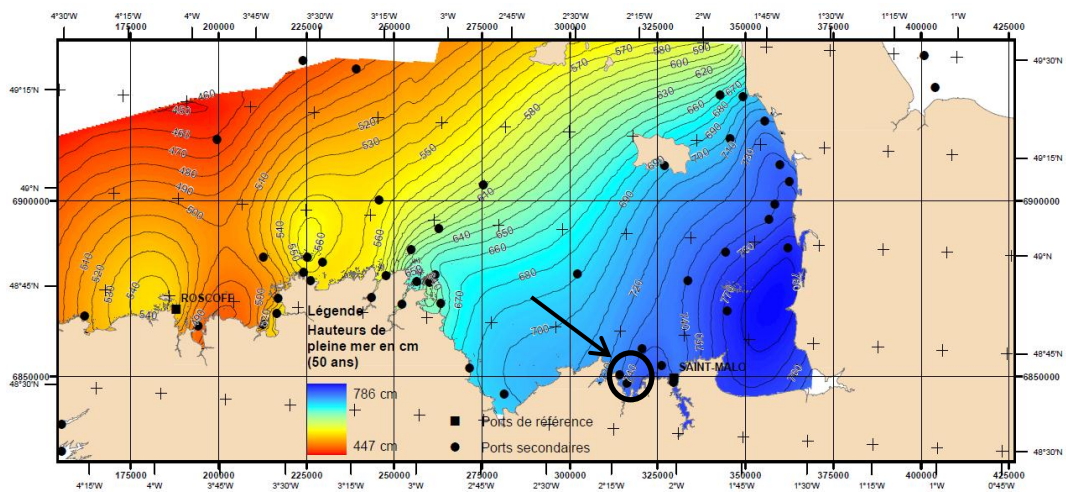
**Fig. 10. Niveaux extrêmes de pleine mer de période de retour 10ans (SHOM – 2013)**



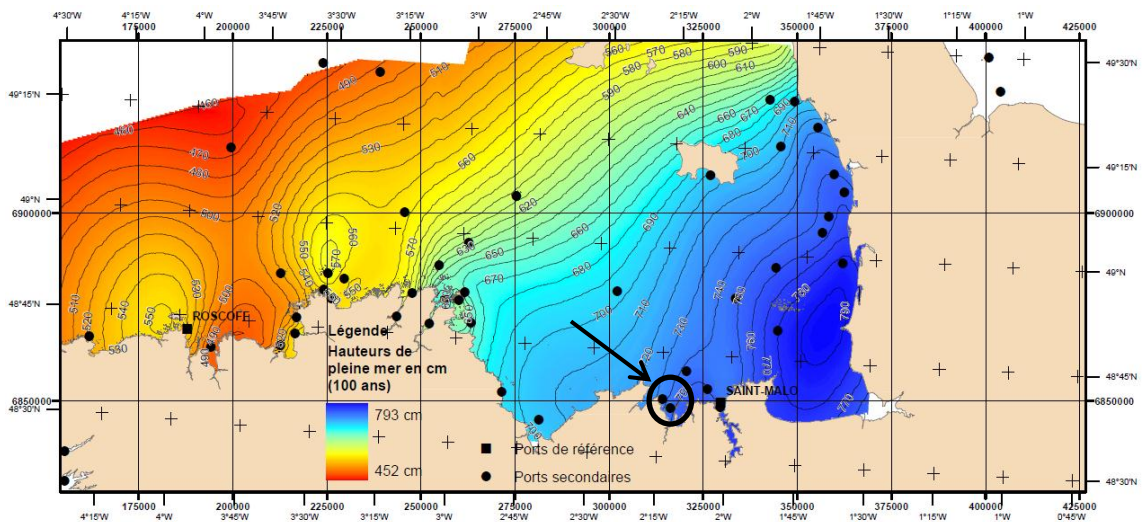
**Fig. 11. Niveaux extrêmes de pleine mer de période de retour 20ans (SHOM – 2013)**

# Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale



**Fig. 12. Niveaux extrêmes de pleine mer de période de retour 50ans (SHOM – 2013)**



**Fig. 13. Niveaux extrêmes de pleine mer de période de retour 100ans (SHOM – 2013)**

## 3.3. HOULE ET DEFERLEMENT

### Généralités

La houle se caractérise par un système de vagues et résulte notamment de leur propagation sur un secteur donné. La houle conjuguée à des niveaux marins importants peut engendrer des contraintes importantes au droit des ouvrages de protection et provoquer des phénomènes de franchissement des ouvrages par « paquets de mer ».

La houle arrivant en zone côtière va devoir dissiper son énergie accumulée au large.

Une partie de cette dernière va être dissipée progressivement par frottement sur les fonds associés aux efforts tangentiels qui se produisent dans la couche limite située près des fonds.

Toutefois le principal mécanisme de dissipation de l'énergie des vagues réside dans le déferlement. Ce mécanisme est contrôlé par la profondeur et la morphologie de la côte (pente...). Dès lors que le profil de l'onde cesse d'être stable alors la vague déferle donnant lieu à une forte dissipation d'énergie sous forme de turbulence.

**Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel**

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale

---

Le déferlement au droit des ouvrages côtiers pose notamment la problématique des débits de franchissement, c'est-à-dire les débits susceptibles de passer par-dessus l'ouvrage sous forme de « paquets de mer ». Selon la morphologie des fonds et de l'ouvrage, ces débits peuvent être importants.

# Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale

---

## 4. MODELISATION HYDRAULIQUE

La modélisation hydraulique a pour but de connaître les conditions d'écoulements de l'Arguenon au sein du lit mineur comme du lit majeur.

### 4.1. SUITE DES LOGICIELS MIKE

Le modèle hydraulique a été réalisé sur les logiciels Mike développé par DHI. La suite des logiciels Mike (Mike11, Mike21, Mike Flood) permet respectivement de modéliser :

- un écoulement unidimensionnel (1D) ;
- un écoulement bidimensionnel (2D) ;
- et d'effectuer un couplage entre les deux (1D/2D).

Pour l'étude de l'Arguenon, un couplage a été réalisé entre une modélisation 1D du cours d'eau dans ses parties amont et aval et une modélisation 2D depuis la voie SNCF en amont du camping de Plancoët jusqu'au lieu-dit Largentaye en aval de Saint-Lormel.

Le lien 1D/2D se fait au droit du point haut des rives du cours d'eau (berges naturelles, digues...). Ce lien se traduit par une loi de seuil et permet de représenter les débordements du cours d'eau (modèle 1D) vers les secteurs inondés (modèle 2D : quais de Plancoët, ZA de Saint-Lormel...) et inversement.

Ce couplage permet donc d'établir un diagnostic fin de l'impact des débordements de l'Arguenon et ce pour différents événements.

Comme indiqué précédemment, deux modules de base ont été créés : un modèle unidimensionnel, puis un module bidimensionnel.

Enfin, un couplage a été créé entre ces deux modèles.

### 4.2. CONSTRUCTION DU MODELE HYDRAULIQUE

#### 4.2.1. MODULE UNIDIMENSIONNEL (1D)

##### 4.2.1.1. STRUCTURE DU MODELE 1D

Le modèle 1D permet de modéliser les écoulements au sein des cours d'eau, écoulement ne transitant que dans une seule direction (de l'amont vers l'aval).

Pour ce faire, les profils en travers disponibles du lit mineur de l'Arguenon (voir phase 1) ont été intégrés dans le modèle hydraulique.

Les différents ouvrages hydrauliques (pont, seuils, barrage...) présents le long du linéaire représenté de l'Arguenon ont également été intégrés dans le modèle unidimensionnel. Au droit de chacun d'entre eux, un profil en travers a également été intégré. Pour rappel les caractéristiques des ouvrages sont présentées en annexe 3 du rapport de phase 1.

## Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale

### 4.2.1.2. CONDITIONS AUX LIMITES AMONT DU MODELE 1D

Les conditions aux limites amont sont définies par les injections de débits pour chacun des bassins versants selon les scénarios suivants :

- Effets de l'influence fluviale : hydrogrammes des débits centennaux (voir Fig. 8) ;
- Effets de l'influence maritime : débit au module à valeur constante (voir Tabl. 2 -).

Ces hypothèses sont détaillées au sein des paragraphes 4.3, 5.3 et 5.4.

### 4.2.1.3. CONDITION A LA LIMITE AVAL : NIVEAU MARITIME

#### 4.2.1.3.1. NIVEAUX MARITIMES RETENUS

Selon le scénario modélisé le niveau maritime retenu est :

- Effets de l'influence fluviale : le niveau marin pour une marée de coefficient 70, coefficient moyen situé entre les mortes eaux et vives eaux.
- Effets de l'influence maritime : le niveau marin centennal.

#### Prise en compte du rehaussement du niveau marin.

Deux types de rehaussement du niveau marin sont pris en compte :

- Le rehaussement lié aux effets du réchauffement climatique : nous nous plaçons ici dans l'hypothèse pessimiste et à horizon 2100, ce rehaussement est donc de **+60cm** (voir Tabl. 5 -)
- L'effet de la surcote liée aux vagues : conformément aux prescriptions du guide méthodologique des Plans de Prévention des Risques Littoraux et en absence de données sur les phénomènes estuariens de l'Arguenon, la surcote liée aux vagues est prise égale à **+25cm**.

Ainsi les niveaux maximums imposés en aval du modèle sont les suivants :

- **Effet de l'influence fluviale** : niveau maritime à pleine mer de coefficient 70 + rehaussement lié au réchauffement climatique + surcote liée au vague  
 $\Rightarrow 4.27 + 0.60 + 0.25 = 5.12 \text{ mIGN69}$
- **Effet de l'influence maritime** : niveau maritime à pleine mer centennale + rehaussement lié au réchauffement climatique + surcote liée au vague  
 $\Rightarrow 7.49 + 0.60 + 0.25 = 8.34 \text{ mIGN69}$

## Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale

---

### 4.2.2. MODULE BIDIMENSIONNEL (2D)

Le module bidimensionnel est utilisé au droit des principales zones à enjeux et zones d'expansion : depuis la voie SNCF en amont des quais de Plancoët jusqu'au lieu-dit Largentaye à Saint-Lormel. L'écoulement peut y suivre des directions différentes.

#### 4.2.2.1. TOPOGRAPHIE

Les modèles 2D nécessitent une bonne connaissance de la topographie du secteur à représenter.

Les levés topographiques réalisés et couplés aux données LIDAR ont permis la réalisation d'un Modèle Numérique de Terrain sur l'ensemble des zones à enjeux et zones d'expansion avec un maillage fin.

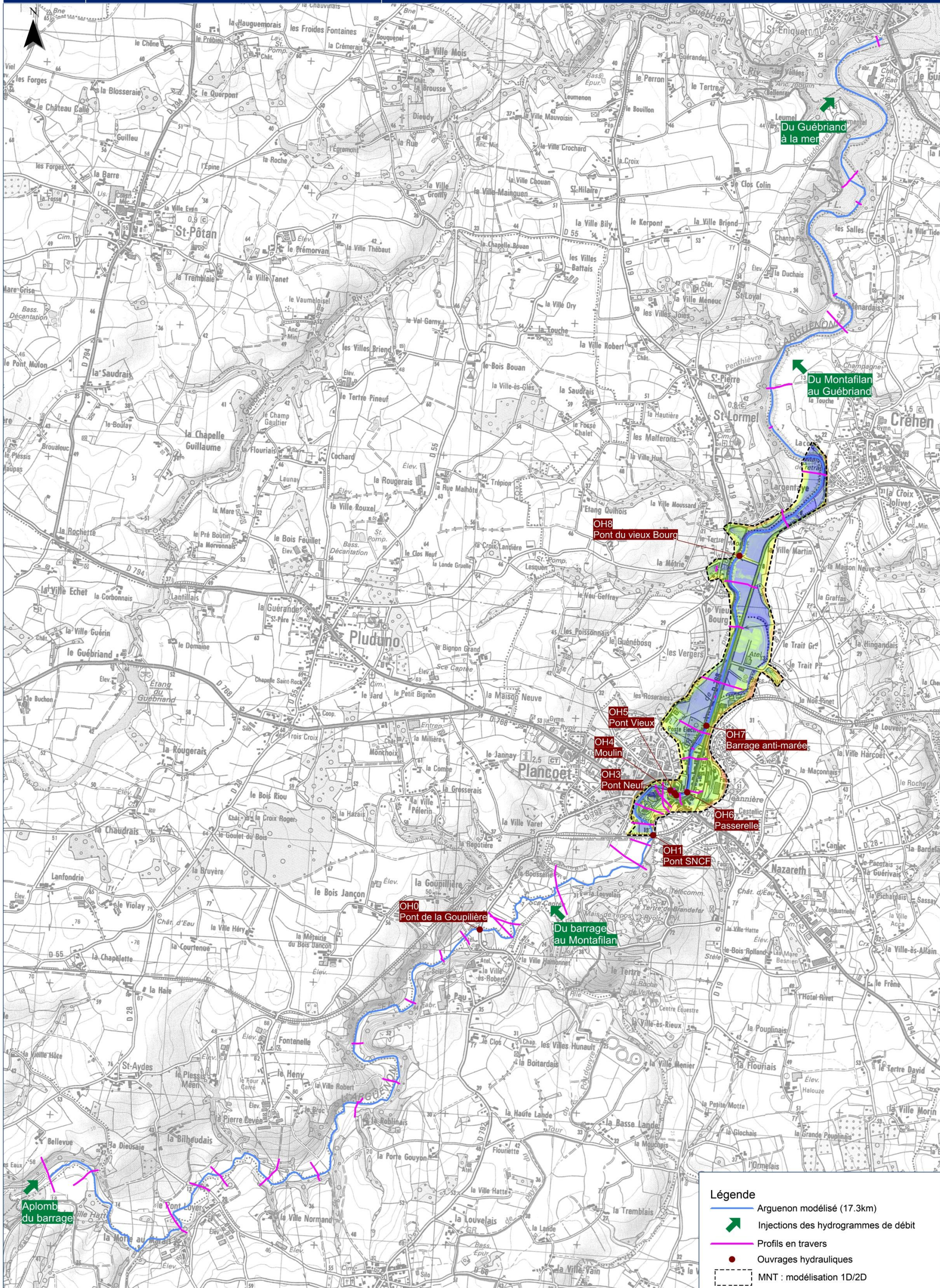
#### 4.2.2.2. MAILLAGE DU MODELE 2D

Une taille de cellule de 3 m a été adoptée. Cela correspond à un « découpage » du terrain naturel en mailles de 3m x 3m pour chacune desquelles un calcul de hauteur et vitesse est réalisé.

Cette taille permet de tenir compte des axes d'écoulements étroits (Rue du Vieux Pont...) pour notamment représenter les écoulements complexes au droit des quais de Plancoët tout en gardant des temps de calcul réalistes.

La figure suivante présente l'ossature du modèle 1D puis 1D/2D réalisé sous MIKE.





**Légende**

- Arguenon modélisé (17.3km)
- ➔ Injections des hydrogrammes de débit
- Profils en travers
- Ouvrages hydrauliques
- MNT : modélisation 1D/2D

## Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale

### 4.2.2.3. RUGOSITE

A cette topographie, une couche de rugosité a été ajoutée.

Cette couche permet de délimiter les zones à faible rugosité comme les routes, parkings (etc.), des zones à forte rugosité (bâtiments, etc.).

Pour représenter les bâtiments dans le lit majeur dans un modèle hydraulique, deux méthodes sont possibles :

- représenter en relief les bâtiments sur le MNT (élévation locale de la topographie),
- ou les représenter « virtuellement » par une rugosité équivalente plus élevée que le reste du MNT.

En général, comme dans le cas présent, la deuxième solution a été retenue car elle permet d'intégrer le fait que les bâtiments permettent le transit d'un faible débit. Ils restent néanmoins beaucoup plus lents en réponse aux inondations (en crue pour l'infiltration des eaux, et en décrue pour l'évacuation des eaux).

Les rugosités suivantes ont été appliquées :

- Routes, Parking:  $K_s^1=40$  ;
- Bâtiments:  $K_s=1$  ;
- Espaces boisés, jardin :  $K_s=13$  ;
- Prairies :  $K_s=25$ .

### 4.2.3. LIENS 1D/2D

Le modèle est entièrement couplé, ainsi cote et débit des modèles 1D/2D interagissent à chaque pas de temps.

Les débordements du lit mineur calculé avec Mike11 sont intégrés dans le lit majeur via Mike 21. Les liens entre le modèle 1D/2D suivent la ligne de crête des berges afin de garantir une bonne représentativité des débordements.

Dans le cas présent et au droit des merlons longeant l'Arguenon (depuis le barrage anti-marée jusqu'à Largentaye), les liens tiennent bien compte de la cote de crête de ces ouvrages.

Enfin les principaux exutoires pluviaux ont été pris en compte afin d'évaluer les possibilités d'inondations par refoulement de ces réseaux :

- Exutoire reliant à l'Est de la voie ferrée (Point P) à l'Arguenon au droit de l'ouvrage n°6 (passerelle) ;
- Exutoire du bassin pluvial de la ZA de Saint-Lormel ;
- Liaison entre l'ancien lit de l'Arguenon et le lit actuel (en aval de la ZA de Saint Lormel)

<sup>1</sup> Coefficient de Strickler. Il correspond à l'inverse de la rugosité du coefficient de Manning :  $K = 1/n$ .

## Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale

### 4.3. CALAGE DU MODELE HYDRAULIQUE

Comme pour tout modèle hydraulique, un processus de calage doit être effectué.

Cette étape vise à reproduire un événement connu afin d'ajuster certains paramètres numériques (rugosité, coefficient de perte de charge...).

#### 4.3.1. CONDITIONS DE CALAGE

L'évènement de février 2014 a été retenu pour le calage du modèle en raisons de :

- son caractère récent et donc de la facilité à reproduire la configuration du secteur (occupation du sol, ouvrages hydrauliques, gestion du barrage anti-marée, débit au barrage de la Ville-Hatte...);
- la présence de nombreuses laisses de crues et témoignages fiables.

Ainsi ont été entrés aux limites du modèle :

- Amont : hydrogramme du débit en sortie du barrage de la Ville Hatte (CD22) ;
- Aval : niveau d'eau enregistré en amont du barrage anti-marée. En effet pour le calage le modèle a été tronqué au droit de cet ouvrage car les niveaux en aval sont mal connus.

#### 4.3.2. TESTS DE SENSIBILITE ET RESULTATS DE CALAGE

Afin de rendre le modèle réaliste des tests de sensibilité ont été menés sur :

- La géométrie de l'ouvrage n°4 (seuil en aval du Pont Neuf).
- Le niveau d'eau au en amont de l'ouvrage n°7 (barrage anti-marée)

##### 4.3.2.1. GEOMETRIE DE L'OUVRAGE N°4

Cet ouvrage s'étend en biais depuis le Pont Neuf jusqu'au Vieux Pont. Plusieurs hypothèses de modélisation ont ainsi été testées : longueur du seuil variant de 12m (largeur de l'Arguenon) à 25m (longueur réelle de déversement en travers du lit).

L'hypothèse donnant les résultats les plus réalistes tient compte d'une **longueur de déversement de 18m** soit la quasi-totalité du seuil principal (19.5m).

##### 4.3.2.2. NIVEAU D'EAU AU EN AMONT DE L'OUVRAGE N°7

La cote maximale enregistrée par le limnigramme est de 7.67mIGN69. Des photos et vidéos montrent que l'eau a quasiment atteint la cote sous passerelle, celle-ci est de 7.87mIGN69.

**Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel**

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale



**Fig. 15.** Capture d'écran : vidéo de la crue de février 2014 en amont du barrage anti-marée

Ainsi deux tests ont été menés quant au niveau à l'aval du modèle de calage :

- valeurs du limnigramme telles qu'enregistrées,
- valeurs du limnigramme +10cm

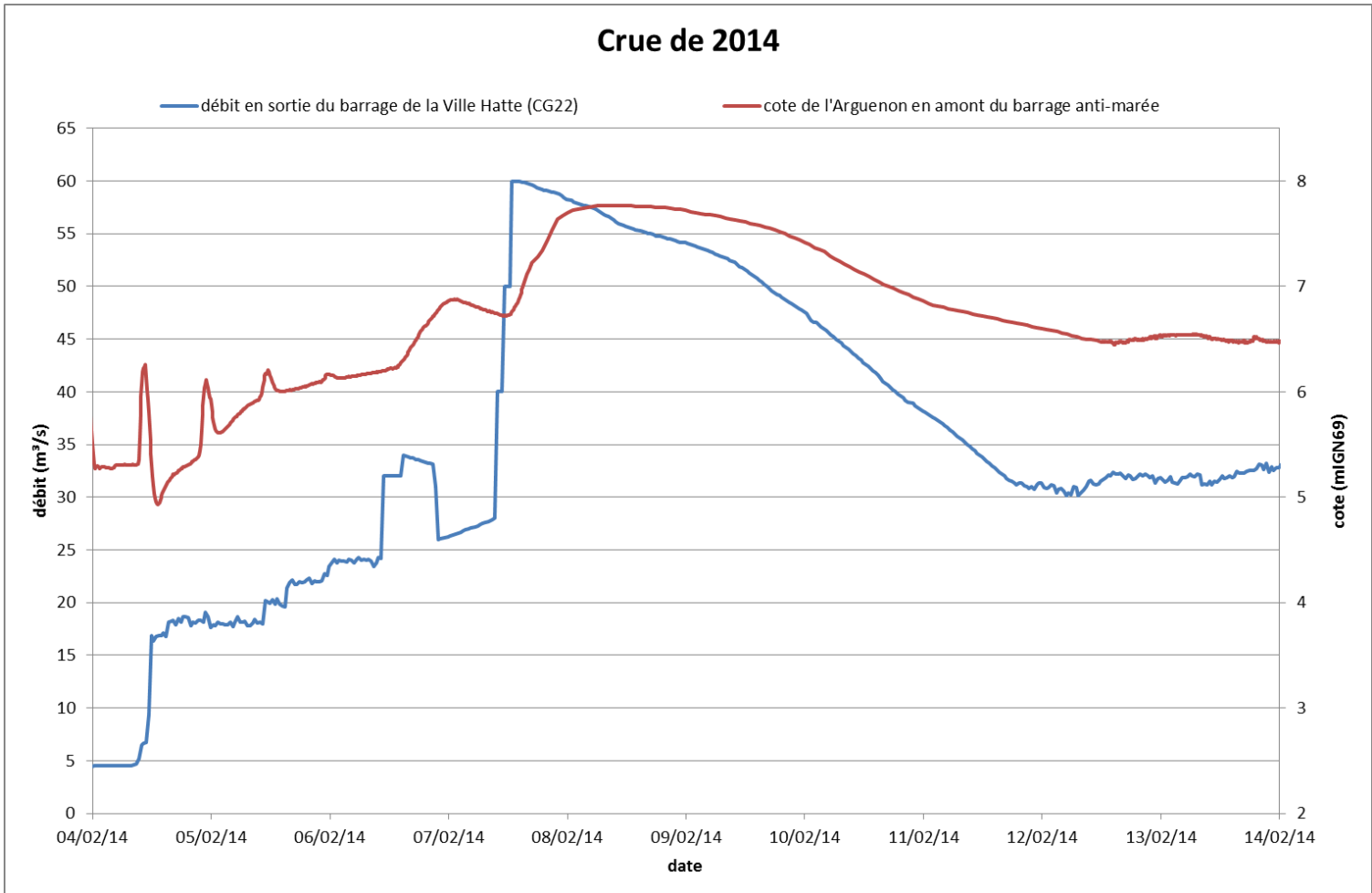
L'hypothèse donnant les résultats les plus réalistes tient compte des **valeurs enregistrées au limnigramme + 10cm.**

Suite à cette phase de calage le modèle produits des **résultats fidèles aux laisses de crue et témoignages recueillis.**

## Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale

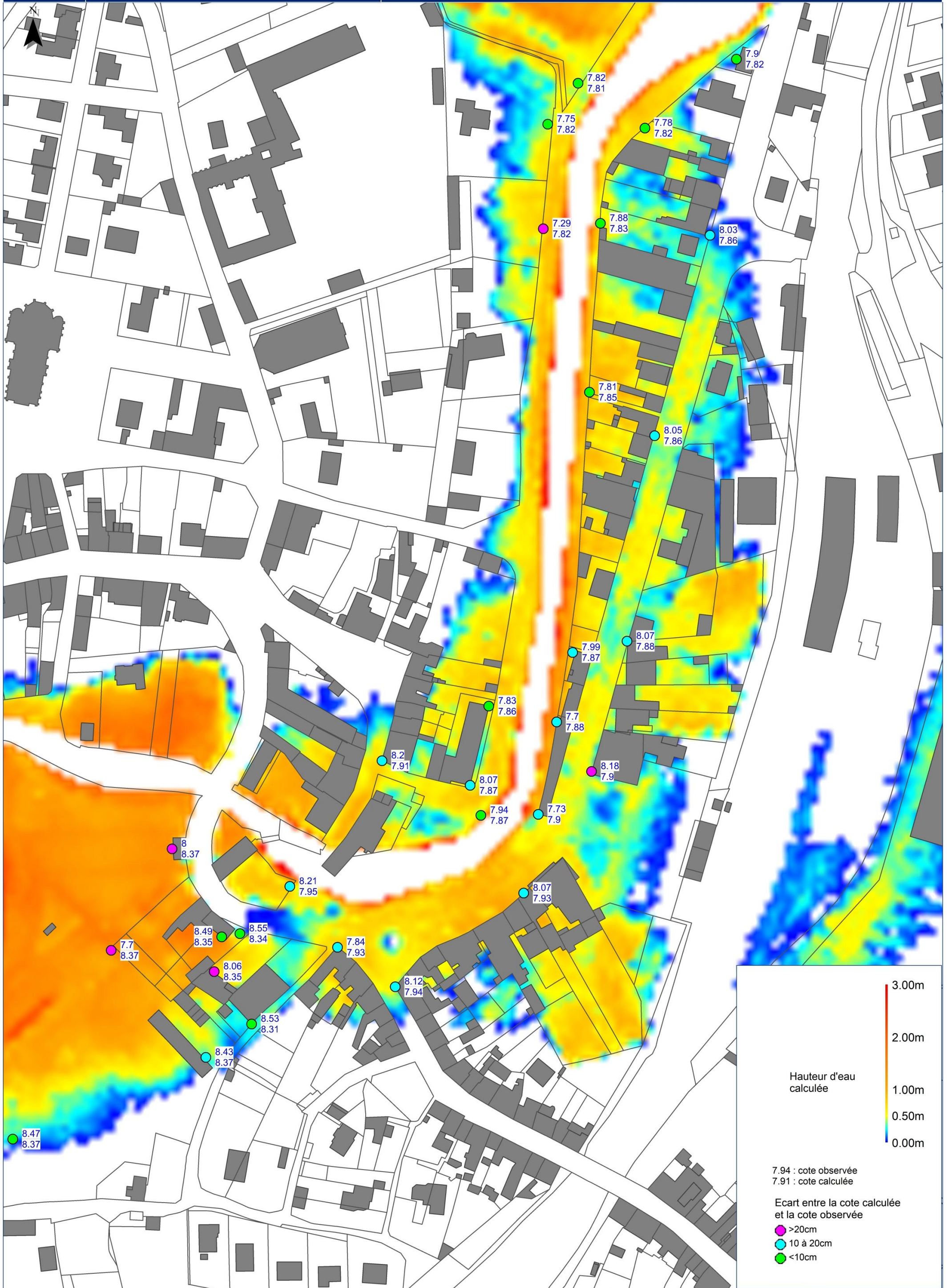
La figure suivante présente les conditions retenues aux limites du modèle.



**Fig. 16. Conditions aux limites du modèle de calage (crue de février 2014)**

### 4.3.3. CARTOGRAPHIE DES RESULTATS DE CALAGE

La figure suivante présente la cartographie des résultats de calage. Cette dernière permet, à l'aide d'un code couleur, de comparer les niveaux d'eau calculés aux niveaux levés au droit des lisses de crue.



# Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale

## 5. EVENEMENTS DE REFERENCE

### 5.1. DEFINITION DES EVENEMENTS DE REFERENCE

Pour la submersion, le niveau de l'aléa de référence est le plus fort des événements suivants :

- l'événement historique le plus fort connu, s'il est plus fort que l'événement centennal,
- l'événement centennal calculé à la cote

Pour l'inondation par crue d'un cours d'eau, le niveau de l'aléa de référence est le plus fort des événements suivants :

- l'événement historique le plus fort connu, s'il est plus fort que l'événement centennal,
- l'événement centennal (ayant une chance sur cent de se produire chaque année)

Dans le secteur de Plancoët – St-Lormel, il n'a pas été observé d'événement historique plus fort que l'événement centennal. Ainsi l'événement centennal est considéré comme événement de référence pour les aspects maritime et fluvial.

Afin de tenir compte du caractère maritime de l'Arguenon aval, deux types d'événements ont été simulés :

- Niveau marin centennal couplé à un débit moyen de l'Arguenon (scénario M100);
- Crue centennale de l'Arguenon couplée à un niveau maritime moyen (scénarios Q100).

Enfin et dans le but de prendre en compte les risques inhérents aux merlons de protection longeant l'Arguenon, des scénarios de rupture de ces derniers ont été simulés.

### 5.2. PRISE EN COMPTE DES DIFFERENTS OUVRAGES

Les écoulements de l'Arguenon sont influencés par différents ouvrages au droit ou à proximité du secteur étudié, la prise en compte de ces derniers s'est faite comme suit :

- **Barrage de la Ville-Hatte** : conformément aux prescriptions, barrage et retenue n'ont pas été intégrés au modèle. De ce fait aucun écrêtement ni aucune régulation du débit n'est simulé.
- **Barrage anti-marée (ouvrage n°7)** : cet ouvrage a été considéré différemment selon les scénarios :
  - Niveau marin centennal (M100) : l'ouvrage a été considéré « ouvert » de façon à pouvoir propager l'influence maritime au maximum vers l'amont ;
  - Crue centennale (Q100) : l'ouvrage a été considéré « fermé » de façon à prendre en compte les risques non négligeables d'embâcle ou de non accès au barrage en période de crue.

## Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale

- **Merlons/Digues de protection** (ZA de Saint Lormel à Largentaye) : ces ouvrages ont été considérés différemment selon les scénarios :
  - Niveau marin centennal (M100) et crue centennale (Q100) : les merlons ont été intégrés au modèle afin de prendre en compte leur effet sur la hausse du niveau de l'Arguenon dans Plancoët ;
  - Scénarios de rupture (R) : la prise en compte des merlons est détaillée au sein de chaque sous-paragraphe traitant des scénarios de rupture.

### 5.3. NIVEAU MARITIME CENTENNAL – SCENARIO M100

Le premier événement de référence modélisé consiste à prendre en compte l'effet du niveau maritime sur les inondations dues à l'Arguenon.

Les secteurs à enjeux (des quais de Plancoët à la ZA de Saint-Lormel) sont en effet situés à l'interface entre l'influence maritime et l'influence fluviale, il convient donc de bien définir l'effet de chacune.

#### 5.3.1. CONDITION AMONT

En amont du modèle a été injecté le débit au module de l'Arguenon de façon permanente soit **3.2m<sup>3</sup>/s** (voir Tabl. 4 - ) sur toute la durée de simulation.

#### 5.3.2. CONDITION AVAL

Pour cette simulation la condition aval prend en compte trois cycles de marées dont le niveau de pleine mer du second correspond au niveau marin centennal auquel ont été ajoutées le rehaussement du au changement climatique et les effets de surcote liée aux vagues soit :

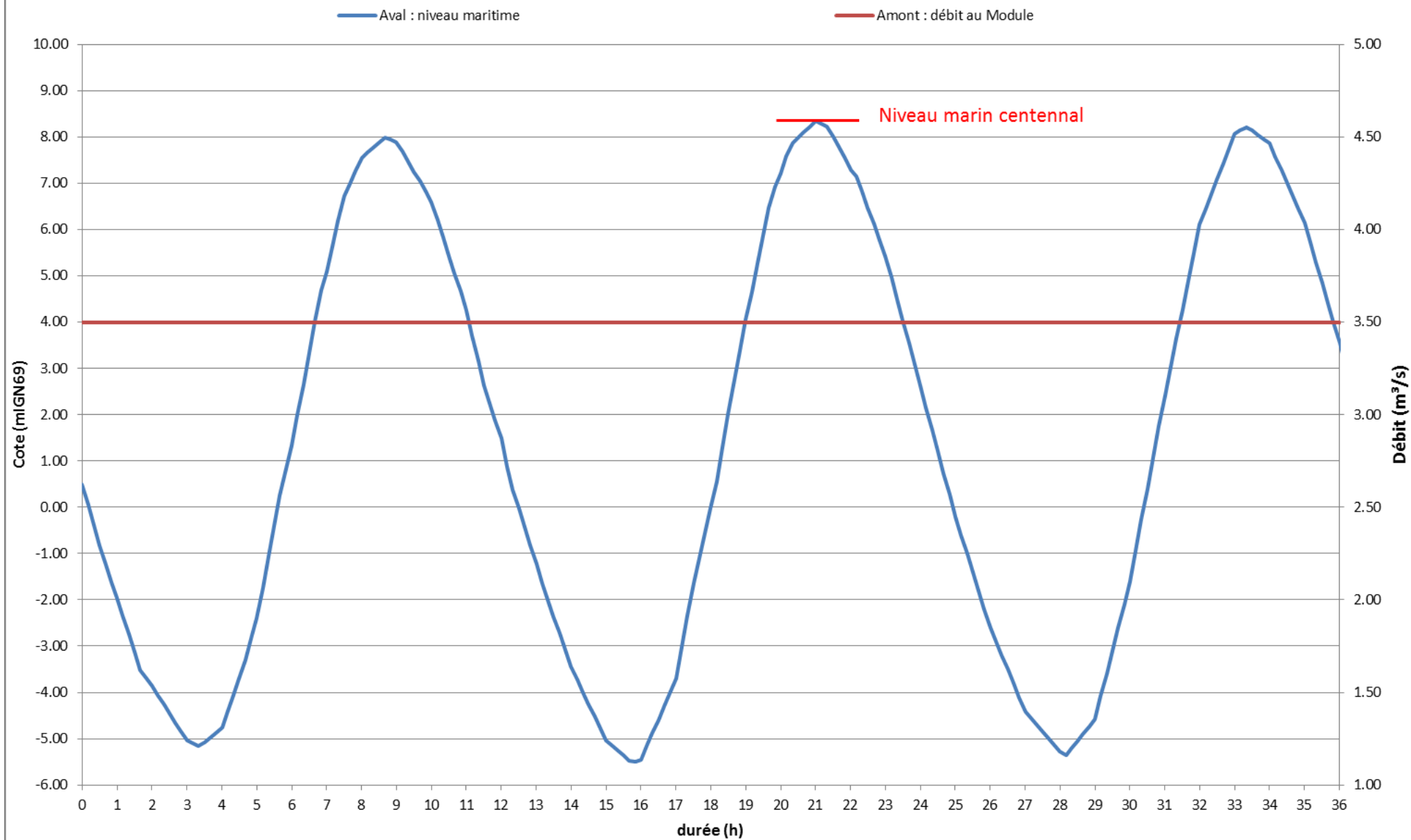
$$\Rightarrow 7.49 + 0.60 + 0.25 = \mathbf{8.34 \text{ mIGN69}}$$
 (voir 4.2.1.3.1)

Les premier et troisième cycles ont été définis en se basant sur une moyenne de trois cycles de marées incluant un coefficient de 117. Cette configuration permet un éventuel ressuyage du lit majeur entre chaque cycle et ne cumule pas plusieurs niveaux maritimes centennaux à la suite.

La figure suivante présente les conditions aux limites du modèle pour le scénario M100.



# Scénario M100 - Conditions aux limites



## Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale

### 5.4. CRUE CENTENNALE – SCENARIOS Q100

Le second événement de référence modélisé consiste à prendre en compte l'effet de la crue centennale de l'Arguenon.

Toutefois et afin de prendre en compte le caractère maritime de l'Arguenon le rôle du niveau marin a tout de même été intégré.

#### 5.4.1. CONDITION AMONT

Pour ces simulations les débits en entrée de modèle sont directement issus de l'étude hydrologique.

Ainsi ont été injectés les hydrogrammes de débits centennaux des bassins versants suivants :

- L'Arguenon au droit du barrage de la Ville Hatte ;
- Du barrage au Montafilan ;
- Le Montafilan ;
- Le Guébriand.

#### 5.4.2. CONDITION AVAL

La condition aval est basée sur plusieurs cycles de marées de coefficient 70 sur la durée de la crue soit environ 6 jours.

Le niveau de pleine mer ainsi obtenu est le suivant :

$$\Rightarrow 4.27 + 0.60 + 0.25 = \mathbf{5.12 \text{ mIGN69}} \text{ (voir 4.2.1.3.1)}$$

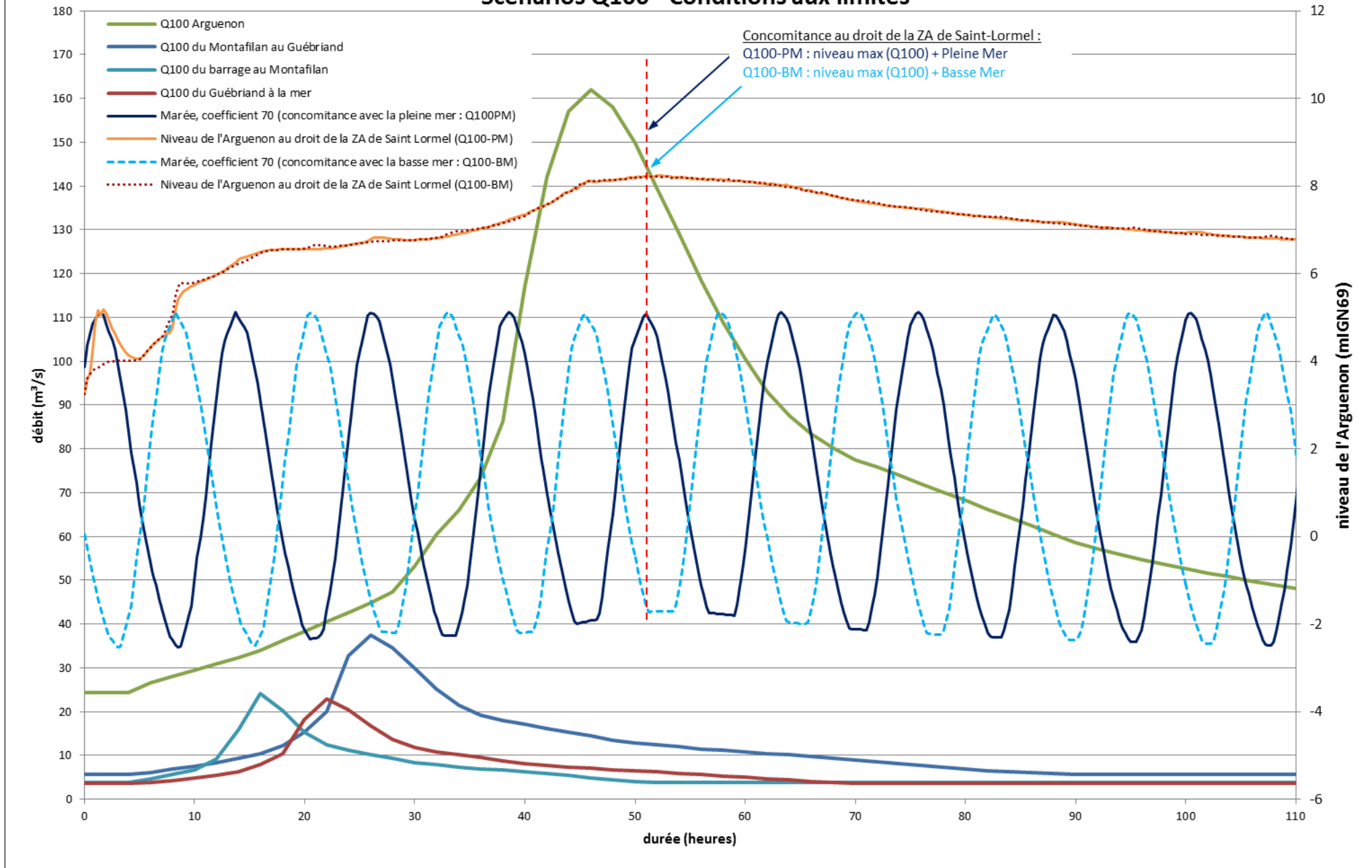
#### 5.4.3. TESTS DE SENSIBILITE

Des tests de sensibilité ont été effectués sur la concomitance entre le pic de crue et la marée :

- **Scénario Q100-PM** : pic de crue au droit de la ZA de Saint Lormel concomitant avec la pleine mer ;
- **Scénario Q100-BM** : pic de crue au droit de la ZA de Saint Lormel concomitant avec la basse mer.

La figure suivante présente les conditions aux limites testées.

### Scénarios Q100 - Conditions aux limites



## Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale

---

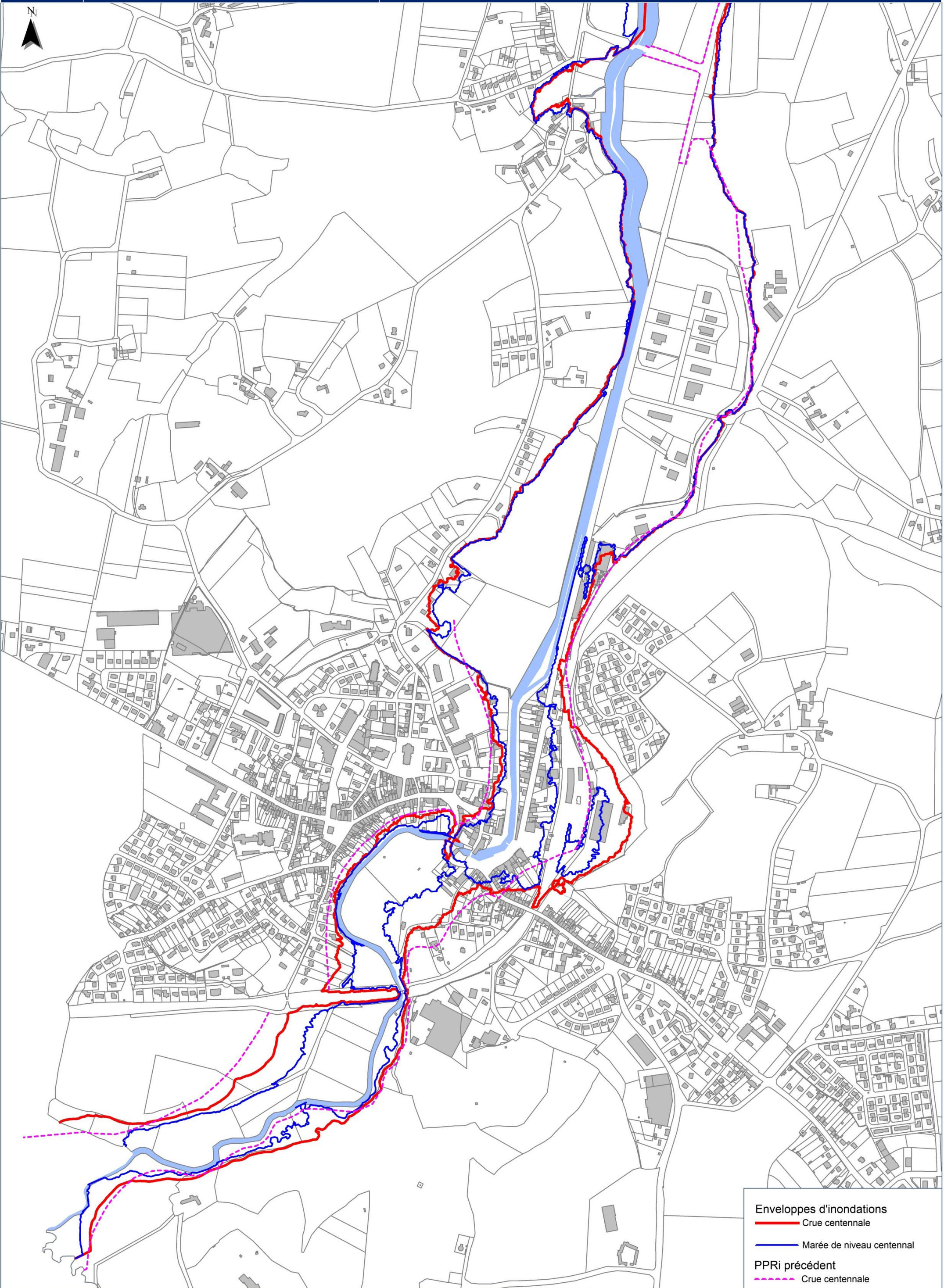
La figure précédente montre que la variation entre une concomitance du débit de pointe avec la basse mer ou avec la pleine mer est quasi nulle pour le secteur soumis à influence fluviale. Ainsi ne sont présentés que les résultats issus du scénario Q100-PM (concomitance crue centennale/pleine mer).

### 5.5. ENVELOPPES D'INONDATION

Les enveloppes d'inondation issues des résultats de modélisation des événements de référence sont présentées page suivante.

Cette figure montre la zone de « basculement » entre l'influence fluviale et l'influence maritime, à savoir au droit de la ZA de Saint Lormel

Elle permet également de comparer l'enveloppe de la crue centennale telle que définie au sein du PPRi précédent et telle que définie au sein du présent document. Ces dernières montrent de fortes similitudes. La meilleure connaissance de la topographie permet toutefois d'affiner certains contours. Enfin la zone d'activité à l'Est de la voie ferrée (« Point P ») est prise en compte via la possibilité de refoulement par le réseau EP (voir paragraphe 4.2.3)



## Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale

---

### 5.6. RUPTURE DES DIGUES DE PROTECTION – SCENARIOS R

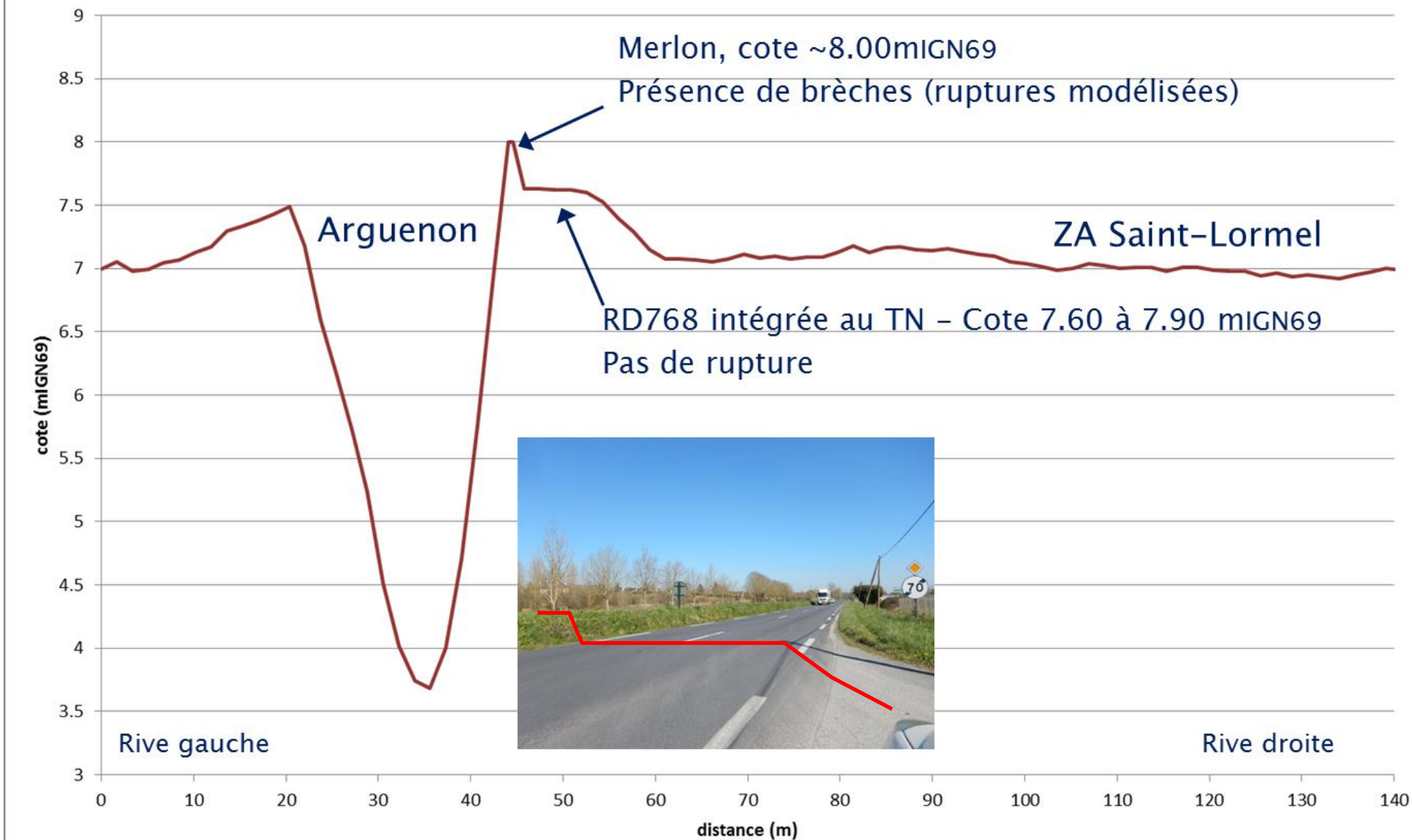
Afin de tenir compte des risques liés à la rupture des merlons/digues longeant l'Arguenon depuis le barrage anti-marée jusqu'au lieu-dit Largentaye à Saint Lormel, différents scénarios de rupture de ces derniers ont été simulés. Ces simulations ont notamment permis d'appréhender les vitesses d'écoulements à l'arrière immédiat de chaque rupture en vue de surclasser les aléas dans ces zones selon les résultats obtenus.

Ces scénarios apparaissent d'autant plus réalistes que :

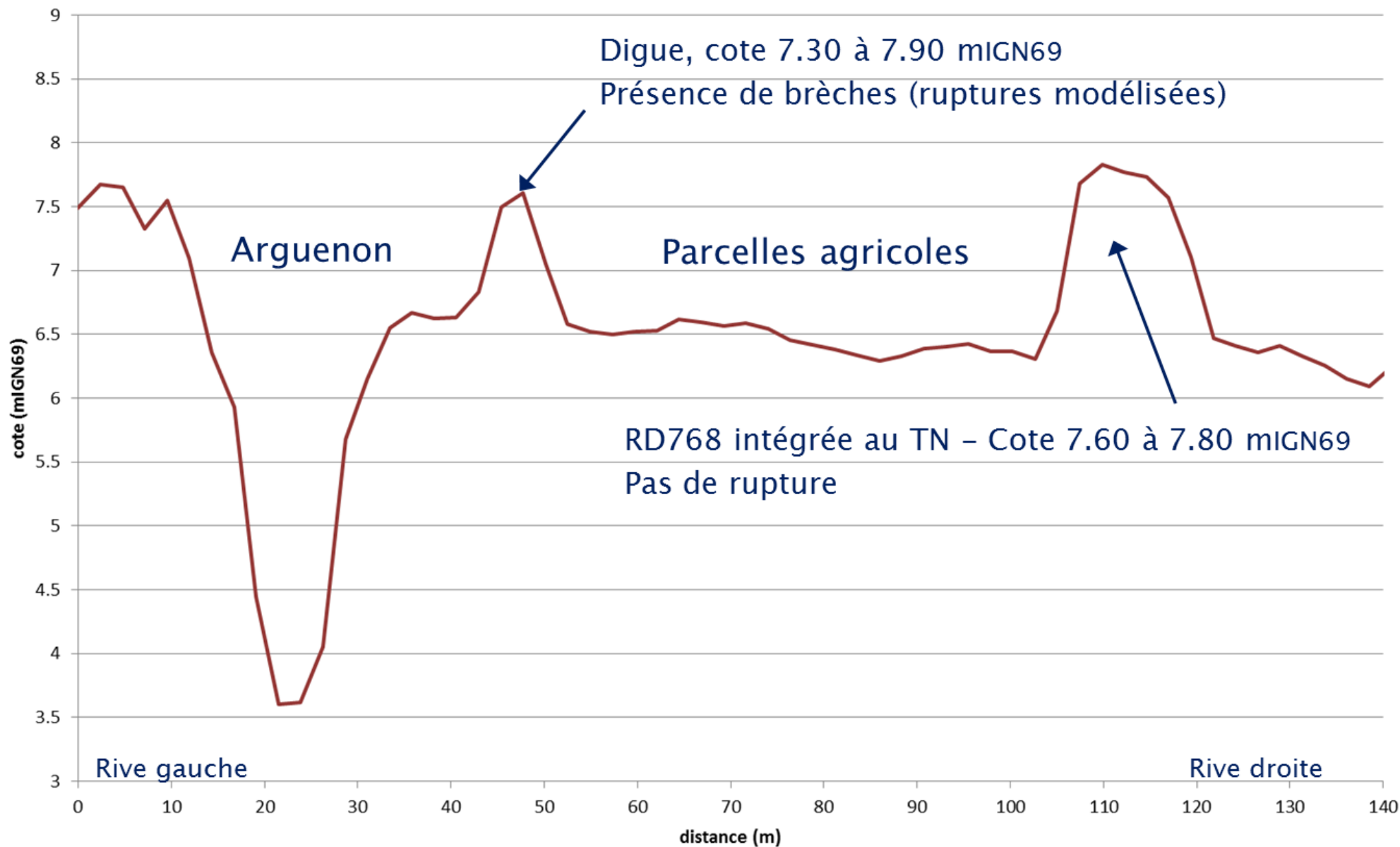
- Des points bas ont été observés en plusieurs points des merlons
- La digue en aval du Vieux Bourg a déjà fait l'objet de brèches (réparées pour certaines)
- Certaines parties de ces merlons ne sont manifestement pas conçues pour contenir des crues et présentent donc des risques de brèche voire d'effacement total en cas de surverse.

Remarque : la route D768 à l'arrière des merlons au droit de la ZA de Saint-Lormel n'est pas considérée comme digue et n'a pas fait l'objet de scénario de rupture. Les figures suivantes illustrent les scénarios simulés.

## Profil en travers type au droit de la ZA de St Lormel



## Profil en travers type en aval de la ZA de St Lormel





## Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale

---

### 5.6.1. HYPOTHESES DE MODELISATION

Les scénarios suivants ont été modélisés :

- **Scénario R1** : scénario M100 (niveau marin centennal) et rupture de digue en aval du Vieux Bourg (rive droite, PK 11 400)
- **Scénario R2** : scénario Q100 (crue centennale) et rupture de digue en aval du Vieux Bourg (rive droite, PK 11 400)
- **Scénario R3** : scénario Q100 et rupture de digue au droit de la ZA de Saint Lormel (rive droite, PK 10 450)
- **Scénario R4** : scénario Q100 et rupture de digue en aval du barrage anti-marée (rive gauche, PK 9 920)
- **Scénario R5** : scénario Q100 et effacement de la totalité des merlons et digues depuis le barrage anti-marée jusqu'à Largentaye (rives droite et gauche, PK 9 900 à 12 000)

### 5.6.2. CONDITIONS INITIALES ET GEOMETRIES DES RUPTURES

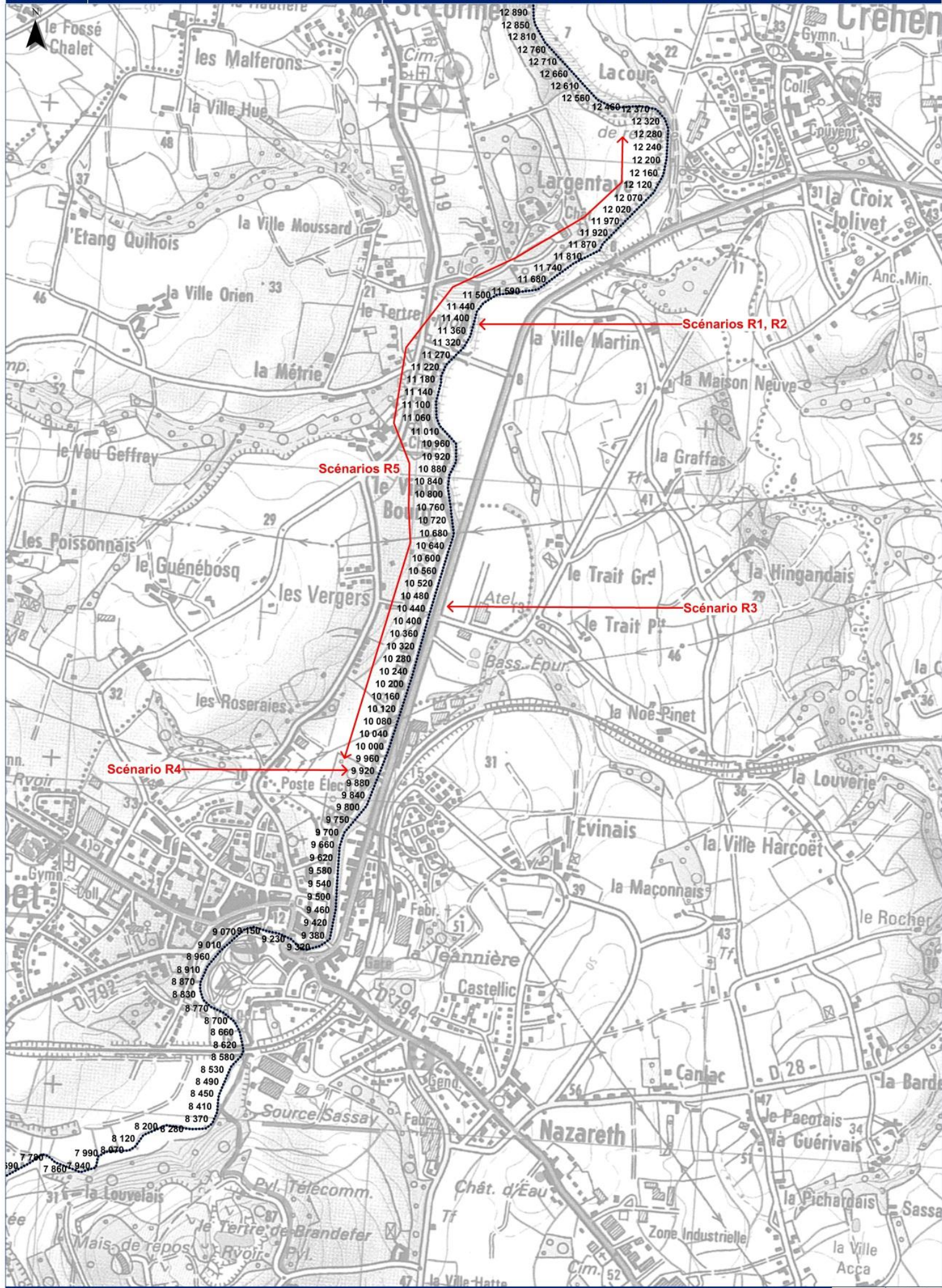
Les ruptures locales (scénarios R1 à R4) ont été simulées avec comme condition initiale le niveau de l'Arguenon juste avant débordement et/ou surverse. Ainsi les effets liés aux ruptures ont pu être identifiés de façon spécifique.

Elles ont été modélisées en modifiant ponctuellement le Modèle Numérique de Terrain sur 2 mailles soit des brèches faisant d'emblée 6 mètres de large (valeur du MNT abaissée à la valeur présente directement en arrière de digue).

Enfin l'effacement total des digues (scénario R5) a été simulé sur la base du scénario Q100-PM pour lequel les valeurs du MNT ont été modifiées comme indiqué précédemment mais sur tout le linéaire considéré.

La figure suivante localise les différentes ruptures de digue modélisées.

L'ensemble des événements modélisés ont fait l'objet d'une cartographie, se reporter au paragraphe 6.2.



## Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale

## 6. ALEAS DE REFERENCE

### 6.1. CARACTERISATION DES ALEAS

Dans le secteur de Plancoët –St Lormel, l'aléa à considérer intègre le paramètre hauteur d'eau et vitesse. La cartographie des aléas est basée sur la grille ci-dessous.

**Tabl. 8 - Caractérisation des aléas**

Hauteur	Vitesse	Aléa
faible $H < 0.50$ m	faible ( $V < 0.2$ m/s)	Faible
	moyenne ( $0.2$ m/s $< V < 0.5$ m/s)	Moyen
	forte ( $V > 0.5$ m/s)	Fort
moyenne $0.50$ m $< H < 1$ m	faible ( $V < 0.2$ m/s)	Moyen
	moyenne ( $0.2$ m/s $< V < 0.5$ m/s)	Moyen
	forte ( $V > 0.5$ m/s)	Fort
forte $1$ m $< H < 2$ m	faible ( $V < 0.2$ m/s)	Fort
	moyenne ( $0.2$ m/s $< V < 0.5$ m/s)	Fort
	forte ( $V > 0.5$ m/s)	Très fort
très forte $H > 2$ m	faible ( $V < 0.2$ m/s)	Très fort
	moyenne ( $0.2$ m/s $< V < 0.5$ m/s)	Très fort
	forte ( $V > 0.5$ m/s)	Très fort

#### 6.1.1. CALCUL DE LA VARIABLE ALEA

Le modèle hydraulique a permis d'établir un croisement direct entre la vitesse et la hauteur d'eau. Ainsi à chaque pas de temps, la variable « aléa » était calculée. Le maximum de l'aléa sur l'ensemble des simulations a alors été calculé.

Cette approche est bien adaptée pour les zones d'influence maritimes, où les périodes de pleine mer ne correspondent pas aux vitesses maximum atteintes.

#### 6.1.2. COMPILATION

L'évènement fluvial de référence a un impact fort sur la partie amont de la zone d'étude, alors que l'aléa maritime est essentiellement localisé dans la partie aval.

Afin d'obtenir une carte d'aléa de synthèse, les cartes d'aléa maritime et fluvial ont été compilées afin d'en extraire l'aléa maximum sur le territoire.

## Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale

### 6.2. CARTOGRAPHIE DES ALEAS

L'ensemble des cartes représentant les évènements de référence et les scénarios de rupture est présenté dans l'atlas cartographique en annexe.

#### 6.2.1. ARGUENON

##### 6.2.1.1. COMPILATION DES RESULTATS DE MODELISATION

Selon leur localisation, les aléas les plus forts sont obtenus avec :

- **Secteur sous influence maritime** : scénario M100 (marée de niveau centennal)
- **Secteur sous influence fluviale** : scénario Q100-PM (crue centennale)

Ainsi les aléas ont été définis en compilant les résultats de ces deux scénarios et en retenant les aléas les plus forts obtenus.

##### 6.2.1.2. SUR-CLASSEMENT DE L'ALEA HAUTEUR/VITESSE

###### 6.2.1.2.1. SELON LA DUREE DE SUBMERSION

Un sur-classement de l'aléa hauteur/vitesse a été étudié en tenant compte de la durée de la submersion.

La durée de submersion des zones inondées par une crue centennale de l'Arguenon dépasse une semaine. L'hydrogramme de la crue centennale (voir Fig. 19) montre en effet que le débit après 5 jours est toujours de l'ordre de 40m<sup>3</sup>/s, débit toujours débordant au droit de Plancoët. Il est dans ces conditions difficilement envisageable de procéder à un sur-classement selon ce critère. Ce dernier n'aurait en effet que peu de sens au regard de la durée déjà très conséquente des submersions.

###### 6.2.1.2.2. SELON LES SCENARIOS DE RUPTURE

Les scénarios de rupture montrent les effets suivants sur l'aléa hauteur/vitesse :

- **Scénarios R1 et R2** : effet localisé et plus marqué pour R1 (marée de niveau centennal)
- **Scénarios R3 et R4** : quasiment pas d'effet. Cela s'explique par le fait que les zones inondées à l'arrière des ruptures sont déjà pour partie en eau du fait de débordements en lit majeur à l'amont de ces ruptures
- **Scénario R5** : les effets de ce scénario sont différents selon les secteurs :
  - Secteur barrage anti-marée – ZA Saint Lormel : accentuation de l'aléa en arrière immédiat des merlons et plus localement à mesure que l'on s'éloigne.
  - Secteur Vieux Bourg : conservation voire diminution ponctuelle de l'aléa en arrière des digues. Cela s'explique par un étalement de la crue dans le temps et une diminution locale des vitesses qui en découlent.

## Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale

Au regard de ces résultats un sur-classement de l'aléa hauteur/vitesse obtenu a été réalisé en tenant compte :

- **Secteur sous influence maritime** (aval ZA de Saint Lormel à Largentaye) : sur-classement de toutes les zones situées entre les digues et les routes D768 (rive droite) et D19 (rive gauche)
- **Secteur sous influence fluviale** (du barrage anti-marée à l'aval de la ZA de Saint Lormel) : sur-classement de l'aléa selon les résultats obtenu avec le scénario R5.

### 6.2.1.3. CARTOGRAPHIE FINALE : LISSAGE

Les contours obtenus ont été « lissés » afin de rendre la cartographie plus lisible. Cette opération a également conduit à la suppression des « poches » isolées en les surclassant par la classe d'aléa alentours si cette dernière était plus défavorable que la zone isolée considérée.

### 6.2.1.4. COTES DE REFERENCE

Pour chacune des cartographies des aléas hauteurs et hauteurs/vitesse sont disposés des profils de référence pour lesquels la cote associée est mentionnée. Ainsi figurent pour :

- **Le scénario Q100-PM** : les cotes de crue centennale ;
- **Le scénario M100** : les cotes de marée de niveau centennal ;
- **La compilation des aléas** : les cotes les plus fortes des deux précédentes.

### 6.2.2. AFFLUENTS : MONTAFILAN ET GUEBRIAND

Les principaux affluents de l'Arguenon sur le secteur étudié sont le Montafilan (aval de Plancoët en rive droite) et le Guébriand (aval de Saint-Lormel en rive gauche).

Pour l'aléa hauteur/vitesse, les zones de confluence de ces cours d'eau avec l'Arguenon ont fait l'objet d'une approche hydrogéomorphologique. Ces cours d'eau ne présentent en effet pas de zones à enjeux forts excepté un moulin habité en aval du Guébriand.

L'approche hydrogéomorphologique se base principalement sur la forme naturelle des lits mineur et majeur des cours d'eau, elle est couplée à une analyse topographique.

### 6.2.3. SYNTHÈSE

La caractérisation des aléas hauteur/vitesse proposés est synthétisée ci-après :

- **Secteur en amont du barrage anti-marée** : aléas issus de la compilation des scénarios M100 + Q100-PM ;
- **Secteur entre le barrage anti-marée et l'aval de la ZA de Saint Lormel** : aléas issus de la compilation des scénarios M100 + Q100-PM + R5 ;
- **Secteur entre l'aval de la ZA de Saint Lormel et Largentaye** : aléas issus de la compilation des scénarios M100 + Q100-PM + sur-classement entre les digues et les routes en arrière (D768 et D19) ;
- **Secteur en aval de Largentaye** : aléas issus de la compilation des scénarios M100 + Q100-PM ;
- **Confluences (Montafilan et Guébriand)** : approche hydrogéomorphologique.

L'ensemble des aléas tels que présentés précédemment ainsi que les sur-classements et le lissage (cartographie définitive) font l'objet d'un atlas cartographique présenté en Annexe 1.

**Révision du Plan de Prévention du Risque d'inondation et de submersion marine de  
l'Arguenon à Plancoët et Saint-Lormel**

Phase 2 : Caractérisation des aléas, version finale

---

**ANNEXE 1**

**Atlas cartographique des aléas**